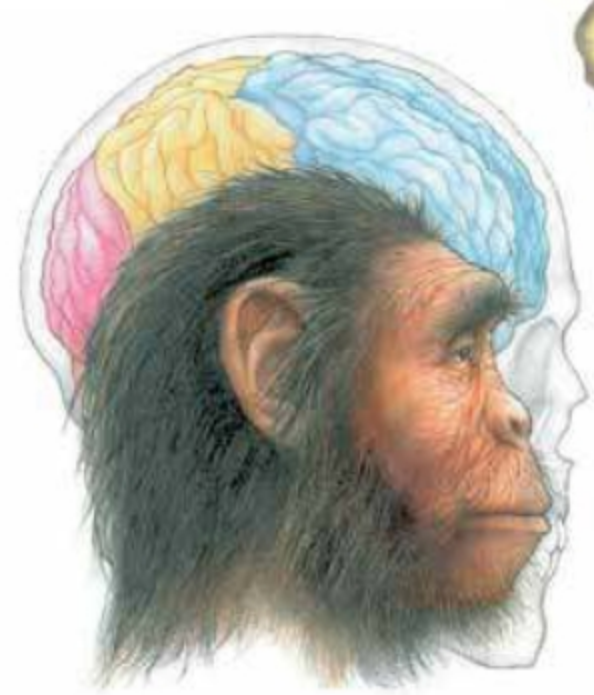
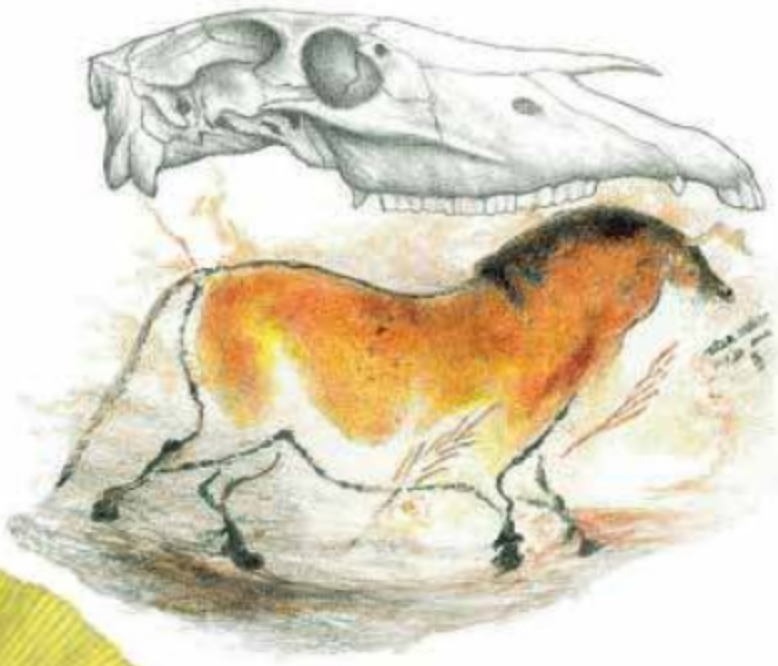
Biologie

pro gymnázia





DOLOŽKA MŠMT

Biologie

pro gymnázia

(teoretická a praktická část)

JAN JELÍNEK, VLADIMÍR ZICHÁČEK

Biologie

pro gymnázia

(teoretická a praktická část)

NAKLADATELSTVÍ OLOMOUC s.r.o.

2014

Lektorovali:

RNDr. J. Kulich *(Biologie prokaryot, rostlin a hub. Ekologie rostlin a hub)*
Doc. RNDr. J. Minář, DrSc.; univ. prof. RNDr. V. Bičík, CSc.; RNDr. Jan Ševčík, Ph. D.
† doc. RNDr. Evžen Opatrný, CSc.; doc. RNDr. F. Petruška, CSc.; doc. MVDr. J. Klimeš, CSc.
(Zoologie. Evoluce orgánů a orgánových soustav. Ekologie a etologie živočichů)
RNDr. R. Procházka, CSc. *(Biologie a fyziologie člověka)*
Doc. RNDr. F. Petruška, CSc. *(Úvod do studia obecné genetiky)*
RNDr. A. Konětopský, CSc. *(Vybrané kapitoly z obecné biologie. Člověk a prostředí)*
Doc. RNDr. Ivo Bárta, CSc.; RNDr. Jan Minář, DrSc. *(Biologie – praktická část)*

Recenzenti, kteří učebnici doporučili udělit schvalovací doložku MŠMT:

RNDr. Tomáš Matějček, Ph.D.; RNDr. Josef Pavlík

Ilustrace a obrazové přílohy v textu:

Mgr. Hana Čermáková *(Biologie člověka)*
Pavel Dvorský *(Původ a vývoj člověka),* odborná spolupráce prof. RNDr. J. Beneš, DrSc.
Mgr. Anna Jelínková *(Biologie prokaryot, rostlin a hub. Biologie a fyziologie člověka)*
RNDr. Jan Jelínek *(Anatomie rostlin, Úvod do studia obecné genetiky. Kapitoly z obecné biologie. Člověk a prostředí)*
Ludvík Kunc *(Etologie živočichů)*
Jiří Pavlíček *(Anatomie rostlin)*
Mgr. Jitka Stužková-Stránělová *(Biologie živočichů a obrazové přílohy živočichů a rostlin; Biologie – praktická část)*
PaedDr. Ing. Vladimír Vinter, Ph.D., katedra botaniky UP Olomouc, *(Anatomie rostlin)*
Mgr. Iva Zatloukalová *(Biologie prokaryot, rostlin a hub)*
Mgr. Petr Znachor, Hydrobiologický ústav AV ČR, *(Sinice, řasy)*
RNDr. Věra Cenklová, Ph.D; Ing. Ludmila Ohnoutková, Ph.D, ÚEB AVČR *(Cytogenetika, genové inženýrství)*

Jazykovou úpravu provedl: Mgr. Luděk Bartoš

1. vydání – Olomouc 1998
2. vydání – Olomouc 2000
3. vydání – Olomouc 2001
4. vydání – Olomouc 2002
5. vydání – Olomouc 2003
6. vydání – Olomouc 2004
7. vydání – Olomouc 2005
8. vydání – Olomouc 2006
9. vydání – Olomouc 2011
10. vydání – Olomouc 2013
11. vydání – Olomouc 2014 - Elektronické vydání
„Schválilo MŠMT č. j.: MSMT-3728/2014 dne 25. července 2014 k zařazení do seznamu učebnic pro střední školy pro vzdělávací obor Biologie s dobou platnosti šest let.“

© RNDr. Jan Jelínek; RNDr. Vladimír Zicháček

© **Nakladatelství Olomouc**, s. r. o., 2014

ISBN 978-80-7182-297-4

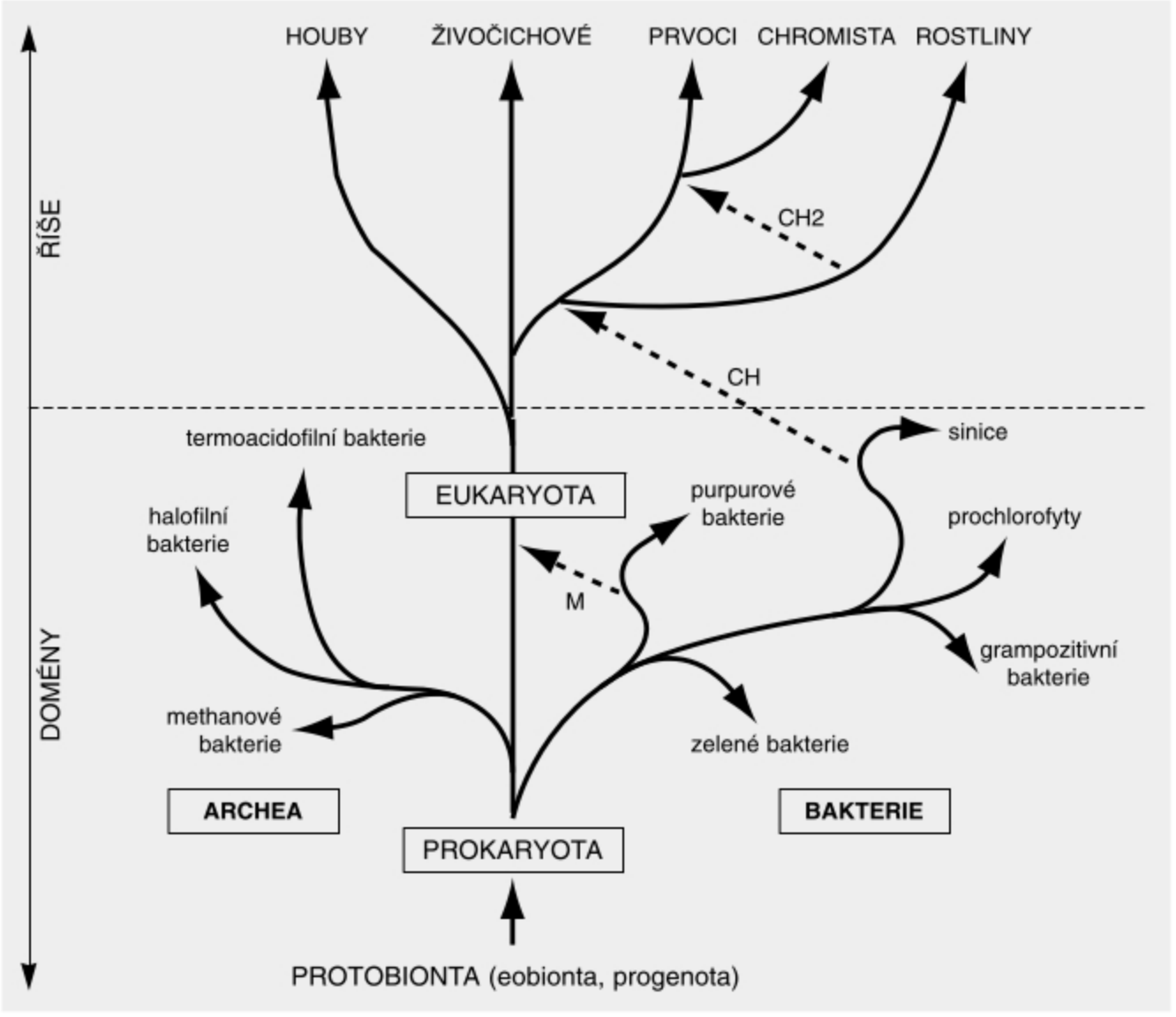
Úvod

Toto vydání bylo také rozšířeno o doplněk, který pojednává o využití genového inženýrství v biotechnologii. V důsledku převratných poznatků z oblasti molekulární biologie procházejí biologické obory, včetně taxonomie, významnými kvantitativními a kvalitativními změnami. Autoři, vědomi si těchto změn, aktualizovali text učebnice tak, aby v maximální možné míře a na úrovni středoškolské učebnice odpovídal těmto změnám. Organismy jsou klasifikovány do tří domén (ARCHEA, BAKTERIE a EUKARYA) jako nejvyšších taxonů. Eukaryotické organismy se třídí do pěti říší (ROSTLINY, HOUBY, CHROMISTA, PRVOCI a ŽIVOČICHOVÉ).

Kvalifikovaný učitel může bez problémů používat při výuce i dřívější vydání této učebnice, vhodným upozorněním na aktuální změny v taxonomii organismů. Rozdělení organismů do tří domén a pěti říší není absolutní, prochází neustálým zpřesňováním na základě nových poznatků. Ze zkušenosti víme, že žádná učebnice nebyla a nikdy nebude po všech stránkách dokonalá. Dobrá učebnice je základní učební pomůckou. Poskytuje nezbytné, didakticky uspořádané informace v souladu s nejnovějšími poznatky v daném oboru, umožňuje jejich aplikace, praktická ověření a procvičení na modelových příkladech. Rozhodujícím činitelem v procesu vzdělávání však stále zůstává erudovaný učitel. Je plně na jeho rozhodnutí, které části z této mírně nadstandardní, komplexní středoškolské učebnice vybere jako základní učivo a které naopak rozšíří či doplní o vlastní poznatky.

Rádi akceptujeme jakékoliv připomínky týkající se obsahu, formy, srozumitelnosti textu, modernizace a metodiky.

Autoři



BIOLOGIE PROKARYOT, ROSTLIN A HUB *(J. Jelínek)*

Obecné vlastnosti živých soustav 16
Taxonomie organismů 16
Přehled přirozeného systému živé přírody 16

NEBUNĚČNÍ (podbuněční) *(Subcellulata)* 17
Praorganismy *(Eobionta, Progenota)* 17
Viry *(Vira)* 17

PROKARYOTA 19
Bakterie *(Bacteria)* 19
Sinice *(Cyanophyta)* 20
Prochlorofyty *(Prochlorophyta)* 21

JADERNÍ *(Eukaryota)* 21
Stavba a struktura rostlinné buňky 21
Rozmnožování eukaryotických buněk (mitóza) 23
Meióza 23
Osmotické jevy v buňce 24
Vnitřní stavba těla rostlin 24
Rostlinná pletiva 24
Pletiva dělivá 25
Pletiva trvalá 25
Pletiva krycí 25
Pletiva vodivá 26
Pletiva základní 28
Rostlinné orgány vegetativní 28
Kořen 28
Stonek 29
List 31
Rozmnožovací orgány semenných rostlin 32
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **MIKROSNÍMKY PROKARYOT, ROSTLINNÝCH PLETIV A ŘAS** . . . . . za str. 32
Opylení a oplození 33
Plody a jejich rozdělení 33
Látkové složení rostlinného těla 34
Životní funkce a individuální vývoj rostlin 35
Fotosyntéza 35
Dýchání 36
Kvašení 38
Vodní režim rostliny 38
Minerální výživa rostlin 40
Růst rostlin 40
Individuální vývoj rostlin 41
Rozmnožování rostlin 42
Dráždivost a pohyby rostlin 43

SYSTÉM ROSTLINNÉ ŘÍŠE 44
Podříše: NIŽŠÍ ROSTLINY *(Protobionta)* 44
Oddělení: RUDUCHY *(Rhodophyta)* 45
Oddělení: ZELENÉ ŘASY *(Chlorophyta)* 45
Třída: ZELENIVKY *(Chlorophyceae)* 45
Třídy: KADEŘNATKOVITÉ, ŽABOVLASOVITÉ, TRUBICOVKOVITÉ . . . 47
Třída: SPÁJIVKY*(Conjugatophyceae)* 48
Třída: PAROŽNATKY *(Charophyceae)* 48

VYŠŠÍ ROSTLINY *(Cormobionta)* 48
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **ROSTLINY, HOUBY A LIŠEJNÍKY** . . . . . za str. 48
Oddělení: RYNIOFYTY *(Rhyniophyta)* 49
Oddělení: MECHOROSTY *(Bryophyta)* 49
Oddělení: PLAVUNĚ *(Lycopodiophyta)* 51
Oddělení: PŘESLIČKY *(Equisetophyta)* 51
Oddělení: KAPRADINY *(Polypodiophyta)* 51
Oddělení: ROSTLINY LYGINODENDROVÉ *(Lyginodendrophyta)* 53
Oddělení: CYKASY *(Cycadophyta)* 53
Oddělení: JINANY *(Ginkgophyta)* 53
Oddělení: JEHLIČNANY *(Pinophyta)* 53
Oddělení: ROSTLINY KRYTOSEMENNÉ *(Magnoliophyta)* 55
Třída: ROSTLINY DVOUDĚLOŽNÉ *(Magnoliopsida)* 56
Třída: ROSTLINY JEDNODĚLOŽNÉ *(Liliopsida)* 57
Říše: HOUBY *(Fungi)* 57
Oddělení: CHYTRIDIOMYCETY *(Chytridiomycota)* 58
Oddělení: MIKROSPORIDIE *(Microsporidiomycota)* 58
Oddělení: ZYGOMYCETY *(Zygomycota)* 58
Oddělení: HOUBY VŘECKOVÝTRUSNÉ *(Ascomycota)* 59
Třída: KVASINKY *(Endomycetes, Hemiascomycetes)* 59
Třída: VŘECKOVÝTRUSNÉ HOUBY *(Ascomycetes)* 60
Oddělení: HOUBY STOPKOVÝTRUSNÉ *(Basidiomycota)* 61

EKOLOGIE ROSTLIN A HUB 64
Základní pojmy 64
Organismy a prostředí 64
Abiotické prostředí 64
1. Sluneční záření 64
2. Teplota prostředí 65
3. Voda 65
4. Půda 65
5. Atmosféra 66
Ekologie populace 67
Ekologie společenstva 68
Ekosystém 69
Biomy 69
Rozšíření rostlin na Zemi 69
Fytogeografické členění Země 69
Fytogeografie ČR 70

DOPLŇKY 71
Chemické složení bakteriální buňky 71
Pohlavní rozmnožování bakterie *(Escherichia coli)* 71
Golgiho systém 72
Přehled buněčných struktur 72
Anatomie (C_3) listu rostlin mírného pásma 73
Anatomie (C_4) listu rostlin tropů 73
Listy 73
Květní vzorec 74
Květní diagram 74
Fotosyntéza 75
Calvinův cyklus 76
Kyseliny adenosinfosforečné a přenos energie v buňce 79
Životní cyklus paličkovice nachové 79
Životní cyklus rzi travní 79

CHROMISTA A PRVOCI *(J. Jelínek, V. Zicháček)*

Říše: CHROMISTA *(Chromista)* 82
Kmen: CHROMOFYTA *(Chromophyta)* 82
Třída: ZLATIVKY *(Chrysophyceae)* 82
Třída: ROZSIVKY *(Bacillariophyceae)* 82
Třída: HNĚDÉ ŘASY *(Phaeophyceae)* 83
Kmen: OOMYCETY (řasovky) *(Oomycota)* 83
Říše: PRVOCI *(Protozoa)* 84
Kmen: BIČÍKOVCI *(Mastigophora)* 85
Kmen: KOŘENONOŽCI *(Rhizopoda)* 85
Kmen: PAPRSKOVCI *(Actinopoda)* 86
Kmen: VÝTRUSOVCI *(Sporozoa, Apicomplexa)* 87
Kmen: HLENKY *(Mycetozoa, Myxomycota)* 88
Kmen: NÁDOROVKY *(Plasmodiophorida)* 88
Kmen: NÁLEVNÍCI *(Ciliophora)* 88
Kmen: KRÁSNOOČKA *(Euglenozoa)* 90
Kmen: OBRNĚNKY *(Dinozoa)* 90

BIOLOGIE ŽIVOČICHŮ *(V. Zicháček)*

Říše: ŽIVOČICHOVÉ *(Animalia)* 91
CHARAKTERISTIKA ŽIVOČIŠNÉ BUŇKY 91
VZNIK MNOHOBUNĚČNOSTI 91

DIBLASTICA 92
Kmen: VLOČKOVCI *(Placozoa)* 92
Kmen: HOUBOVCI *(Porifera)* 92
Kmen: ŽAHAVCI *(Cnidaria)* 95
Kmen: ŽEBERNATKY *(Ctenophora)* 98
Kmen: MORULOVCI *(Mesozoa)* 98

TRIBLASTICA 98
PRVOÚSTÍ *(Protostomia)* 98
Prvoústí se schizocoelní tělní dutinou 99
Kmen: PLOŠTĚNCI *(Plathelminthes)* 99
Kmen: PÁSNICE *(Nemertini)* 102
Prvoústí s pseudocoelní tělní dutinou 102
Kmen: VÍŘNÍCI *(Rotatoria))* 102
Kmen: HLÍSTICE *(Nematoda)* 102
Prvoústí coelomoví, nečlánkovaní *(Anarticulata)* 104
Kmen: MĚKKÝŠI *(Mollusca)* 104
Prvoústí coelomoví, článkovaní stejnocenně 110
Kmen: KROUŽKOVCI *(Annelida)* 110
Kmen: DRÁPKOVCI *(Onychophora)* 113
Prvoústí coelomoví, článkovaní nestejnocenně 113
Kmen: ČLENOVCI *(Arthropoda)* 113
Podkmen: TROJLALOČNATCI *(Trilobita)* 114
Podkmen: KLEPÍTKATCI *(Chelicerata)* 114
Třída: HROTNATCI *(Merostomata)* 114
Třída: PAVOUKOVCI *(Arachnida)* 115
Podkmen: ŽABERNATÍ *(Branchiata)* 119
Třída: KORÝŠI *(Crustacea)* 119

Podkmen: VZDUŠNICOVCI *(Tracheata)* 123
Třída: MNOHONOŽKY *(Diplopoda)* 123
Třída: STONOŽKY *(Chilopoda)* 123
Třída: CHVOSTOSKOCI *(Collembola)* 123
Třída: HMYZ *(Insecta)* 123
DRUHOÚSTÍ *(Deuterostomia)* 135
Kmen: OSTNOKOŽCI *(Echinodermata)* 135
Kmen: POLOSTRUNATCI *(Hemichordata)* 136
Kmen: STRUNATCI *(Chordata)* 137
Podkmen: PLÁŠTĚNCI *(Tunicata)* 137
Podkmen: KOPINATCI *(Cephalochordata)* 138
Podkmen: OBRATLOVCI *(Vertebrata)* 139
Nadtřída: BEZČELISTNATCI *(Agnatha)* 140
Třída: KRUHOÚSTÍ *(Cyclostomata)* 140
Nadtřída: ČELISTNATCI *(Gnathostomata)* 141
Třída: PANCÍŘNATCI *(Placodermi)* 141
Třída: PARYBY *(Chondrichthyes)* 141
Třída: PAPRSKOPLOUTVÍ *(Actinopterygii)* 143
Třída: SVALOPLOUTVÍ *(Sarcopterygii)* 147
Třída: OBOJŽIVELNÍCI *(Amphibia)* 153
Třída: PLAZI *(Reptilia)* 158
Třída: PTÁCI *(Aves)* 167
Třída: SAVCI *(Mammalia)* 185
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **ŽIVOČICHOVÉ** . . . . . za str. 192

HISTORICKÝ VÝVOJ ŽIVOČIŠNÉ ŘÍŠE 204

EVOLUCE ORGÁNŮ A ORGÁNOVÝCH SOUSTAV ŽIVOČICHŮ 206
Tělní pokryv 206
Soustava oporná 206
Svalstvo 207
Nervová soustava 207
Smyslové orgány 208
Trávicí soustava 209
Dýchací soustava 210
Cévní soustava 211
Vylučovací a rozmnožovací soustava 213

ETOLOGIE ŽIVOČICHŮ 214
Evoluce chování 214
Vrozené chování 215
Instinktivní chování 217
Chování podmíněné látkovou výměnou 217
Chování ochranné a komfortní 218
Rozmnožovací chování 220
Sociální chování 221
Komunikace živočichů 222
Získané chování 224

ŽIVOČICHOVÉ A PROSTŘEDÍ 226
Ekologická nika 226
Živé systémy 228
Potravní ekologie 229
Populační ekologie 230
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **BIOMY** . . . . . za str. 232

Rozšíření živočichů . . . 233
Areály výskytu živočišných druhů . . . 234
Zoogeografické oblasti . . . 236
Ekologie rozmnožování . . . 237
Pohyb obratlovců . . . 238
Biologické rytmy . . . 240
Domestikace a laboratorní chovy živočichů . . . 240
Divoká zvířata . . . 241

BIOLOGIE A FYZIOLOGIE ČLOVĚKA *(J. Jelínek)*

PŮVOD A VÝVOJ ČLOVĚKA . . . 244
Metody určování stáří paleontologických nálezů . . . 244
Systematické zařazení člověka . . . 244
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **EVOLUCE ČLOVĚKA** . . . za str. 248
Etnická antropologie . . . 249

ORGÁNOVÉ SOUSTAVY . . . 249
Tkáně . . . 249
Soustava kosterní . . . 251
Soustava svalová . . . 255

SOUSTAVY PŘEMĚNY LÁTKOVÉ . . . 257
Soustava oběhová . . . 257
Soustava dýchací . . . 263
Soustava trávicí . . . 266
Soustava vylučovací . . . 272
Soustava kožní . . . 273

SOUSTAVY REGULAČNÍ . . . 275
Řízení látkové (hormonální) . . . 275
Řízení nervové (reflexní) . . . 277
Tělesná teplota a její udržování . . . 284
Ústrojí smyslová . . . 285
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **ANATOMIE ČLOVĚKA** . . . za str. 288

SOUSTAVY ROZMNOŽOVACÍ . . . 291
Pohlavní soustava muže . . . 291
Pohlavní soustava ženy . . . 292

INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ČLOVĚKA . . . 294
Vývoj před narozením . . . 294
Vývoj po narození . . . 296

ÚVOD DO STUDIA OBECNÉ GENETIKY . . . 298

Molekulární základy dědičnosti . . . 298
Genetika prokaryotické buňky . . . 301
Genetika eukaryotické buňky . . . 303
Dědičnost mnohobuněčného organismu . . . 303
Dědičnost kvalitativních znaků . . . 304
BAREVNÁ OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: **OD LINNÉHO KE GENOVÉMU INŽENÝRSTVÍ** . . . za str. 304
Dědičnost kvantitativních znaků . . . 309
Mimojaderná dědičnost . . . 310

Genetická proměnlivost 310
Základy genetiky populací 312
Genetika člověka 313
Dědičné choroby a dispozice 313
Genové inženýrství 314

DOPLŇKY 319

Zjednodušené schéma vývoje krevních buněk 319
Lymfocyty B a lymfocyty T 320
AIDS 321
Zevní projevy srdeční činnosti – EKG 321
Kalorické tabulky 321
Přehled vitaminů 322
Gametogeneze 324
Mendelův životopis 324
Struktura a složení nukleových kyselin 325
Reverzní transkripce 326
Přehled proteinogenních aminokyselin 327
Dědičnost krevních skupin 328
Příklady genetických chorob člověka 328
Zkoumání rodokmenu 330
Cytogenetika člověka 331
Příklady z genetiky 333
Replikace DNA 334

VYUŽITÍ POSTUPŮ GENOVÉHO INŽENÝRSTVÍ *(klonování genů)* V BIOTECHNOLOGII 335

VYBRANÉ KAPITOLY Z OBECNÉ BIOLOGIE *(J. Jelínek)*

Obecné vlastnosti společné všem živým soustavám 340
Stupeň složitosti organismů 340

BUNĚČNÁ BIOLOGIE 340

Biomembrány 341
Příjem a výdej látek buňkou 342

PROKARYOTNÍ ORGANISMY 343

Fyziologie prokaryot 343
Rozdělení prokaryot podle výživy 344
Genetika prokaryot 345
Evoluce prokaryot 345
Taxonomie a systém prokaryot 345

EUKARYOTNÍ ORGANISMY 345

Jednobuněčné organismy 345
Mnohobuněčné organismy 346
Rozmnožování buněk, buněčný cyklus 346
Diferenciace tkáňových buněk 347
Programovaná buněčná smrt 347
Nádorové buňky 347

ENERGETIKA ŽIVÝCH SYSTÉMŮ 347

Přeměna chemické energie v pohybovou – molekulové motory 347
Přeměny energie v buňkách 350
Termodynamika živých systémů 350

VZNIK ŽIVOTA NA ZEMI 351

Názory na vznik života 351
Kreační teorie 351
Teorie samozplození 351
Teorie panspermická 352
Teorie evoluční abiogeneze 352

BIOLOGICKÁ EVOLUCE 356

Vývoj evolučních teorií 356
Lamarckismus 356
Darwinismus 356
Jiné názory na evoluci 359

ČLOVĚK A PROSTŘEDÍ 360

Vývoj vztahů člověka a prostředí 360
Růst lidské populace 360
Člověk zemědělec 360
Člověk výrobce a spotřebitel 361

PROBLÉMY EKOLOGICKÉ 361

Problémy znečištění ovzduší 361
Znečištění vod 363
Ohrožení půdy a lesů 363
Odpady a jejich hromadění 363
Idea ozdravení planety 364

OCHRANA PŘÍRODY 364

DOPLŇKY 366

Vznik fotochemického smogu 366
Použití termodynamiky v teorii ontogeneze a fylogeneze 367
Buněčný odpad (ubikvitinace) 367
Goldova teorie vzniku života na Zemi 368

PRAKTICKÁ ČÁST *(J. Jelínek, V. Zicháček)*

NEBUNĚČNÍ A PROKARYOTA 370
1. Práce s mikroskopem 372
2. Pozorování kolonií *Azotobacter chroococcum* 373

ROSTLINNÁ BUŇKA, PLETIVA, ORGÁNY 374
3. Pozorování rostlinných buněk a jejich struktur 377
4. Pozorování fází mitózy 377
5. Pozorování průduchů a trichomů 379
6. Cévní svazky ve stoncích 380

ŽIVOTNÍ FUNKCE A INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ROSTLIN 382
7. Důkaz bílkovin v rostlinném těle 385
8. Důkaz a reakce sacharidů 386
9. Škrob a celulóza 387
10. Asimilační barviva 389
11. Stanovení osmotické hodnoty rostlinné buňky 390

NIŽŠÍ A VYŠŠÍ ROSTLINY 393
12. Pozorování řasy šroubatky a rašeliníku 396
13. Rozbor květu 397

HOUBY 399
14. Pozorování kvasinek 401
15. Pozorování plísně hlavičkové, štětičkovce a kropidláku 402

EKOLOGIE ROSTLIN A HUB 405

CHROMISTA A PRVOCI 409
16. Pozorování prvoků 410

DIBLASTICA 417
17. Pozorování živočišných hub a žahavců 418

SCHIZOCOELNÍ A PSEUDOCOELNÍ 422
18. Pozorování ploštěnců a hlístů 423

COELOMOVÍ – NEČLÁNKOVANÍ 426
19. Pozorování měkkýšů 428

COELOMOVÍ – ČLÁNKOVANÍ STEJNOCENNĚ 432
20. Pozorování kroužkovců 433

COELOMOVÍ – ČLÁNKOVANÍ NESTEJNOCENNĚ 438
21. Pozorování členovců 440

DRUHOÚSTÍ – BEZBLANNÍ 446
22. Pozorování bezblanných 449

DRUHOÚSTÍ – BLANATÍ 455
23. Pozorování ptáků 460
24. Pozorování savců 466

FYLOGENEZE DRUHŮ A EVOLUCE ORGÁNŮ 469
25. Fylogeneze a evoluce orgánů 472

ETOLOGIE 477
26. Etologická pozorování 480

EKOLOGIE ŽIVOČICHŮ 482
27. Ekologická pozorování 485

PŮVOD A VÝVOJ ČLOVĚKA, ORGÁNOVÉ SOUSTAVY 491
28. Epitely a pojiva 494
29. Svaly 496

SOUSTAVY PŘEMĚNY LÁTKOVÉ 498
30. Krevní tělíska 503
31. Oběhová soustava 504
32. Zátěžové testy 506
33. Anatomie trávicí soustavy 507
34. Vlastnosti slin 509
35. Dýchací soustava 510
36. Močové ústrojí a kůže 512
37. Dermatoglyfika 513

SOUSTAVY REGULAČNÍ 516
38. Anatomie regulační soustavy 521
39. Smyslové orgány 522

SOUSTAVY ROZMNOŽOVACÍ, INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ČLOVĚKA 525
40. Rozmnožovací soustava 527

OBECNÁ GENETIKA 530
41. Genetická rovnováha a genový posun 534
42. Izolace DNA z buněk cibule kuchyňské 537

OBECNÁ BIOLOGIE 539
43. Nadmakromolekulární struktury 543

ČLOVĚK A PROSTŘEDÍ 546
44. Toxické látky v prostředí I. 548
45. Toxické látky v prostředí II. 549

Souhrnný test z biologie 551

Doporučená literatura 559
Rejstřík 561

NEBUNĚČNÍ **Viry**
PROKARYOTA **Bakterie**
Sinice
Prochlorofyta

Říše: **ROSTLINY**

Říše: **HOUBY**

EKOLOGIE HUB A ROSTLIN

OBECNÉ VLASTNOSTI ŽIVÝCH SOUSTAV

Biologie (řecky *bios* – život, *logos* – věda) je věda o živé přírodě. Zkoumá formy, vlastnosti a vnitřní procesy živých soustav, jejich vzájemné vztahy a vztahy k neživému prostředí. Živá příroda se skládá z jednotlivých živých bytostí, které označujeme termínem **jedinec** *(individuum)* neboli **organismus**. Jedinec je vždy prostorově ohraničená soustava. Každá bakterie, rostlina či živočich jsou zřetelně ohraničeny vůči jiným jedincům a vůči neživému prostředí. Všechny organismy, byť na první pohled tvarově a funkčně velmi rozdílné, mají některé vlastnosti společné. Označujeme je jako **obecné vlastnosti organismů**.

Všechny organismy jsou **vysoce organizovanými a strukturálně složitými soustavami**, které jsou uspořádány stupňovitě *(hierarchicky)*. To znamená, že atomy prvků, z nichž se organismus skládá, jsou uspořádány do molekul, malé molekuly do makromolekul, makromolekuly do makromolekulárních celků, z nichž se tvoří buněčné ústrojky – organely. Buňka je soustava organel, soubory buněk tvoří tkáně, soustava tkání tvoří orgán a soustava orgánů mnohobuněčný organismus.

Základní chemické procesy, tzv. **biochemické procesy** *(syntéza organických látek, uvolňování energie z chemických látek)* probíhají u všech organismů stejně za katalytického působení enzymů. Přeměnu látek a energií označujeme jako **metabolismus**.

Všechny organismy jsou **vnímavé** *(dráždivé, senzitivní)*, tzn. jsou schopné přijímat podněty *(informace)* z prostředí a reagovat na ně.

Z termodynamického hlediska jsou organismy **otevřené soustavy**, to znamená, že si se svým okolím vyměňují látky a energii.

Všechny organismy mají schopnost se **rozmnožovat** *(reprodukovat)*. Nově vzniklé organismy mají základní vlastnosti rodičovských organismů.

V průběhu doby se organismy postupně mění – **vyvíjejí se**. Projevem toho je **vývoj** *(evoluce)* druhů a celé přírody.

TAXONOMIE ORGANISMŮ

Taxonomie je věda zabývající se **taxony** *(pojmenovanými jednotkami přijatými do taxonomické soustavy)*, teorií a praxí jejich třídění *(klasifikací)*. Základním výsledkem taxonomického studia je **soustava** ***(systém, klasifikace)***, ve které jsou taxony zařazeny do **hierarchie kategorií**. Kategorie jsou úrovně hierarchické klasifikace, na nichž jsou taxony klasifikovány.

Hierarchická klasifikace je soustava kategorií různé úrovně, do nichž zařazujeme taxony. Taxon nadřazené kategorie obsahuje jeden nebo více taxonů nejblíže podřazené kategorie *(např. daná třída má jeden nebo více řádů)*; podřízený taxon může patřit pouze do jediného nejbližšího taxonu nadřazeného *(např. daný řád do jediné třídy)*. Kategorie rozdělujeme na:

a) **základní**, do nichž musí být každý organismus zařazen;
b) **doplňkové**, které vytváříme z kategorií základních a které mají vždy pevné místo v hierarchii *(např. nadřád, podřád)*;
c) **dodatečné**, které nejsou odvozené od základních kategorií a jejichž místo v hierarchii může nebo nemusí být pevně stanoveno.

Základními kategoriemi v sestupném pořadí jsou: *(jako příklad je uvedena příslušnost jednoho rostlinného a jednoho živočišného druhu)*

říše	regnum	rostliny	živočichové
kmen	phylum	*je dodatečná kategorie v botanice a mykologii*	členovci
oddělení	divisio	krytosemenné	*je dodatečná kategorie v zoologii*
třída	classis	dvouděložné	hmyz
řád	ordo	růžokvěté	motýli
čeleď	familia	růžovité	běláskovití
rod	genus	růže	bělásek
druh	species	růže šípková	bělásek zelný

- **Hlavní zásady vědeckého názvosloví**

Pro vědecké pojmenování taxonů *(nomenklaturu)* užíváme mezinárodně platné vědecké názvosloví vycházející z latinské gramatiky. Mezinárodní nomenklaturní pravidla jsou vypracována nezávisle pro botaniku, zoologii, bakteriologii a virologii. Jména taxonů jsou **latinská**. Hlavní zásady pro všechny skupiny organismů jsou:

a) jména rodů jsou podstatná jména v 1. pádu jednotného čísla, jména vyšších taxonů jsou v 1. pádu množného čísla. Obojí jsou jednoslovná a píší se s velkým písmenem.
   Např. rod – růže *(Rosa)*
   řád – růžokvěté *(Rosales);*

b) jména druhů jsou dvouslovná a skládají se z rodového jména a druhového přívlastku.
   Např. druh: růže šípková *(Rosa canina)*
   růže stolistá *(Rosa centifolia)* atp.

PŘEHLED PŘIROZENÉHO SYSTÉMU ŽIVÉ PŘÍRODY

Věda o vývoji *(evoluci)* živé přírody se nazývá **evoluční biologie**. Jejím cílem je studium dějů a příčin, které během geologických dob vedly ke vzniku velkého množství nových druhů organismů.

Všechny živé soustavy lze na základě jejich strukturní a organizační složitosti rozdělit do dvou skupin:
a) **nebuněčné živé soustavy** *(viry, viroidy, virusoidy)*
b) **buněčné živé soustavy** *(jednobuněčné a mnohobuněčné organismy)*

Nebuněčné živé soustavy jsou, na rozdíl od buněčných živých soustav, závislé na hostitelských buňkách v nichž probíhá jejich rozmnožování

Buněčné živé soustavy jsou tvořeny dvěma typy buněk. Jsou to:
a) **prokaryotický typ buněk**
b) **eukaryotický typ buněk**

■ Klasifikace buněčných živých soustav

V současné době se buněčné organismy rozdělují do tří domén. Jako **doména** se označuje nejvyšší taxon.

Buňky prokaryotického typu se rozdělily do dvou domén:
- **BAKTERIE** *(Bacteria)*
- **ARCHEA** *(Archaea)*

Doména bakterií se vyznačuje následujícími znaky:
– jsou to jednobuněčné organismy, jejichž jaderná hmota není ohraničena vůči cytoplazmě biomembránou a nedělí se mitoticky. Tato jaderná hmota se označuje jako **nukleoid**.
– bakterie mají *(s výjimkou mykoplazmat)* buněčnou stěnu jejíž hlavní stavební látkou je **peptidoglykan** *(murein)*

Doména archeí se vyznačuje tím, že:
– jsou to jednobuněčné organismy. Jejich buněčná stěna neobsahuje murein

Buňky eukaryotického typu tvoří doménu eukaryí.
- **EUKARYA** *(Eukarya)* jsou pravděpodobně vývojově odvozena od jednoho předka. V současné době zahrnují biologové do této domény pět říší.

Říše: **Rostliny** *(Plantae)*
Říše: **Houby** *(Fungi)*
Říše: **Chromista** *(Chromista)*
Říše: **Prvoci** *(Protozoa)*
Říše: **Živočichové**: *(Animalia)*
(viz diagram str. 345)

NEBUNĚČNÍ *(Podbuněční)* *(Subcellulata)*

Praorganismy *(Eobionta, Progenota)*

Jsou předpokládané primitivní živé soustavy, které vznikly v průběhu chemické evoluce z koacervátů *(viz str. 353)*. Musely se vyznačovat, byť v nedokonalé formě, všemi základními znaky života: musely obsahovat nukleovou kyselinu jako nositelku dědičných vlastností, bílkoviny jako stavební a enzymatické složky, musely mít jednoduchý metabolismus, schopnost autoreprodukce a schopnost dalšího vývoje. Vznikly před 4 miliardami let.

Viry *(Vira)*

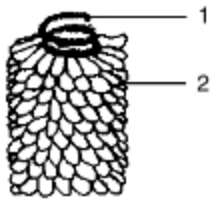
Jsou nebuněčné organismy schopné rozmnožování pouze v hostitelských buňkách. Viry jsou **nitrobuněční parazité**. Nemají vlastní aparát pro syntézu bílkovin *(ribozómy a tRNA)* a ani vlastní metabolický aparát.

Virus je holý genetický program a bývá také označován jako infekční nukleová kyselina, jejíž biologické chování je úzce spjato s biologií hostitelské buňky. Viry bakterií se nazývají **bakteriofágy**.

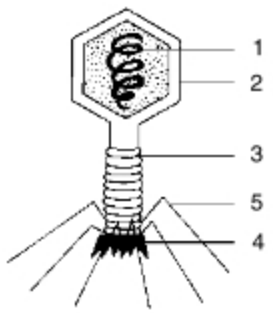
Jednotlivá částice viru schopná infikovat buňku a množit se v ní se nazývá **virion**.

Velikost virionů je 20 až 300 nm. Uvnitř virionu se nachází nukleová kyselina *(buď RNA, nebo DNA)*. Podle toho rozlišujeme RNA-viry *(většina rostlinných virů)* a DNA-viry *(živočišné viry)*. Okolo nukleové kyseliny je bílkovinný obal ***(kapsid)***, sestávající z makromolekul bílkovin ***(kapsomer)***. Struktura kapsidu je geometricky pravidelná. Některé viriony mají uvnitř kapsidu kromě nukleové kyseliny ještě jeden nebo několik enzymů, potřebných k zahájení své reprodukce uvnitř hostitelské buňky. Některé viriony mají okolo kapsidu ještě **membránový obal** tvořený bílkovinami a fosfolipidy. Virové bílkoviny jsou vždy specifické a udělují viru **antigenitu** *(schopnost aktivovat imunitní systém hostitele, aby začal tvořit protilátky)*.

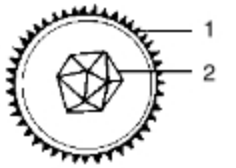
Molekulární struktura virionu tabákové mozaiky
1 – RNA *(celkem asi 130 závitů)*,
2 – bílkovinné jednotky *(kapsomery)* kapsidu

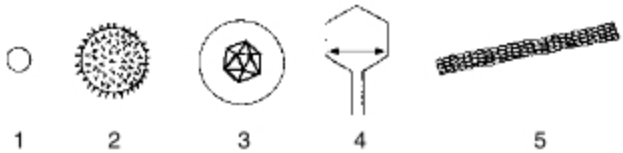


Molekulární struktura virionu bakteriofága T 2
1 – molekula DNA,
2 – hlavička,
3 – bičík s pochvou,
4 – bazální ploténka s bodci,
5 – bičíkatá vlákna



Molekulární struktura Herpes virionu
(původci oparu)
1 – membránový obal,
2 – kapsid





Srovnání velikosti virionů
1 – virion obrny *(30 nm)*, 2 – virion chřipky *(80 nm)*,
3 – Herpes virion *(150 nm)*, 4 – T bakteriofág *(šířka 80 nm)*,
5 – virion tabákové mozaiky *(300 nm)*

• **Rozmnožování viru**

Virus prochází základním životním cyklem:
– jako klidová forma mimo hostitelskou buňku v neživém prostředí *(virion)*,
– infikuje hostitelskou buňku a rozmnožuje se v ní,
– opět jako virion *(zmnožen)* je po rozpadu *(lýzi)* buňky uvolňován do prostředí.

• **Průběh virové infekce**

a) Přilnutí viru na povrchu buňky je specifický proces. Aby se virus mohl přichytit, musí mít hostitelská buňka na svém povrchu specifické receptory *(buňka je citlivá na virus)*. U viru je nositelem specifity *(antigenity)* membránový obal a u virů bez obalu kapsid. Některé viry, převážně rostlinné, pronikají do buňky i nespecificky *(mechanicky)*. Kromě citlivosti buňky k viru rozlišujeme ještě **permisivitu buňky** *(schopnost buňky uskutečnit genetický program nukleové kyseliny viru poté, kdy vnikla do buňky)*.

b) Vniknutí viru do buňky. Buď vniká jen nukleová kyselina *(u bakteriofágů)*, nebo celý virus *(u živočišných buněk)*. V tomto případě je jeho membránový obal a kapsid rozložen hydrolytickými enzymy buňky.

c) Podle genetických informací obsažených v nukleové kyselině viru se v hostitelské buňce začnou syntetizovat enzymy, z nichž jeden způsobí rozpad chromozomu hostitelské buňky. Virová nukleová kyselina se **replikuje** *(100 až 1000 jednotek)*. Okolo každé nukleové kyseliny se vytvoří ochranný kapsid. Hostitelská buňka praskne *(lýzuje)* a viriony se uvolní do prostředí.

d) Nukleové kyseliny virů se někdy včleňují do nukleové kyseliny *(chromozomu)* hostitelské buňky, stanou se její součástí. Tento tzv. virový chromozom je předáván dceřiným buňkám jako tzv. **provirus**. Za určitých podmínek *(chemických, fyzikálních)* může provirus udělit hostitelské buňce nové vlastnosti – buňka se stává nejčastěji buňkou nádorovou.

• **Příklady virových onemocnění**

U rostlin: mozaika tabáku, brambor, rajčat.

U zvířat: kulhavka a slintavka hovězího dobytka, vzteklina lišek, myxomatóza králíků, mor u drůbeže.

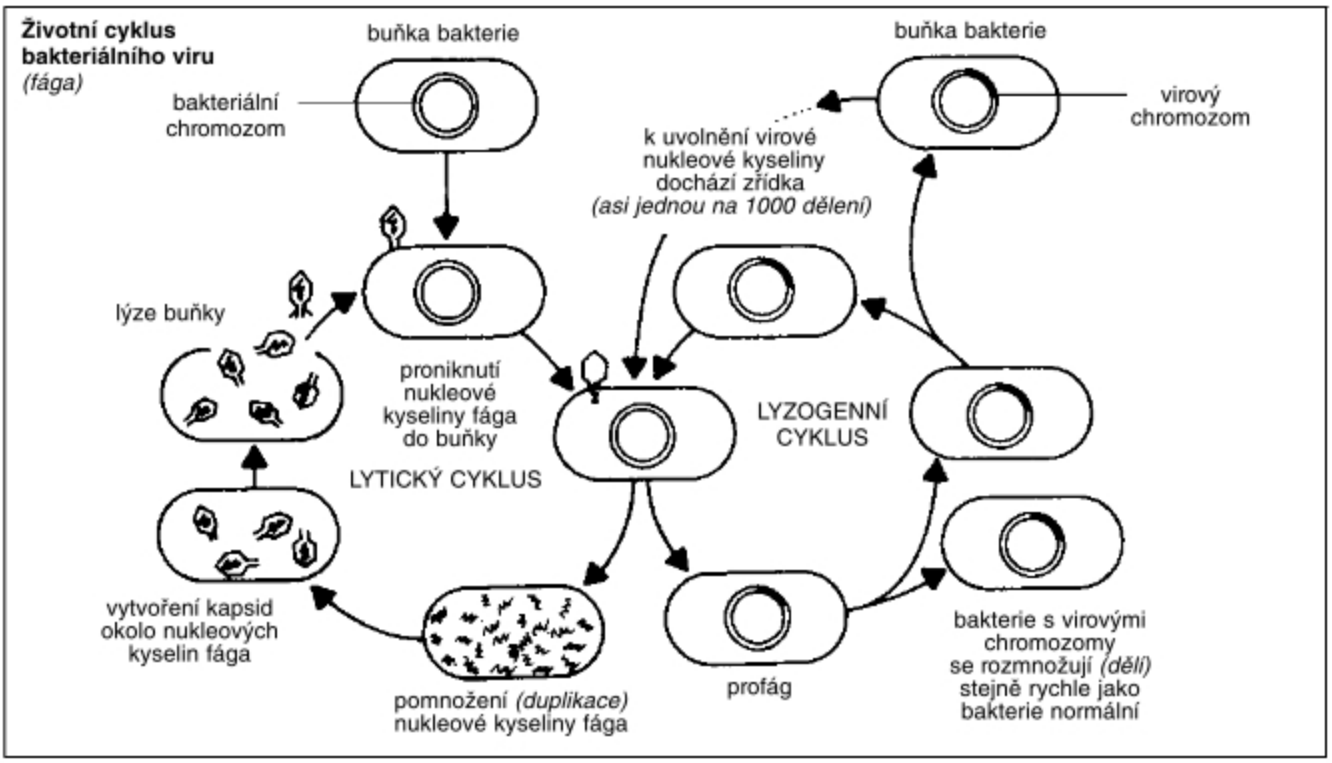
U člověka: dětská obrna, rýma, chřipka, spalničky, příušnice, zarděnky, klíšťová encefalitida, opar, pásový opar, plané neštovice, bradavice, infekční žloutenka aj.

Studiem virů se zabývá **virologie**.

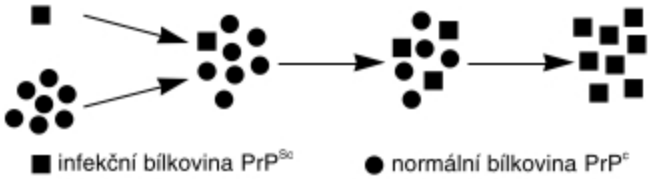
Podvirové *(subvirové)* **infekční jednotky** jsou ještě jednodušší než viry. Protože jsou původci závažných infekčních chorob rostlin a živočichů, jsou předmětem intenzívního zkoumání současné biologie. Nové objevy vedou mimo jiné k hlubšímu porozumění biologických jevů na molekulární úrovni. Mezi subvirové jednotky patří viroidy a priony.

Viroidy jsou tvořené jednořetězcovou molekulou RNA, neobklopenou bílkovinným kapsidem. Jsou původci onemocnění rostlin, jako jsou například:
– bledost okurek,
– zakrnělost chmele,
– vřetenovitost bramborových hlíz *(protáhlých sukovitých – nádorovitých brambor)*.

Virusoidy ***(satelity)*** jsou nukleové kyseliny (*DNA nebo RNA*) tvořené 300–1500 nukleotidy, s vlastní genetickou kontinuitou, uzavřené v kapsidách některých virů, vedle jejich vlastní nukleové kyseliny. Geny virusoidu *(satelitu)* kódují bílkoviny, které se podílejí na patogenitě viru, v jehož kapsidu se nalézají. Příkladem jsou M-satelity kvasinek kódující toxiny usmrcující jiné kmeny kvasinek.



Priony jsou bílkoviny vyskytující se ve dvou formách: jako organismu vlastní buněčná bílkovina **PrP^c** vyskytující se na povrchu buněk v nervové tkáni a jako infekční bílkovina označovaná **PrP^{Sc}** vytvářející shluky a měnící nervovou tkáň na houbovitou nefunkční hmotu. Vzájemnou reakcí PrP^{Sc} s PrP^c hostitelské buňky se mění PrP^c na PrP^{Sc}.



Všechna onemocnění způsobená priony se vyznačují dlouhou inkubační dobu *(až několik let)*. Projevují se společnými příznaky: poruchami hybnosti, poruchami kožní citlivosti, poruchami smyslových funkcí a končící postupně smrtí. Patří mezi ně: ***Creutzfeldova-Jakobova nemoc (CJD)*** *(degenerativní onemocnění mozečku člověka)*, ***šílenství krav (BSE)***, ***scrapie*** *(„drbavka“ ovcí a koz – postižená zvířata si neustálým drbáním stírají srst)*, ***kuru*** *(onemocnění vyskytující se u příslušníků kmene Fore na Nové Guineji, přenášené rituálním kanibalismem – pojídáním mozku zemřelých osob)* aj.

PROKARYOTA

Prokaryotické organismy jsou jen jednobuněčné. Nikdy netvoří funkčně a tvarově diferencované tkáně. Existují tedy buňky dvojího, funkčně a stavebně odlišného typu: **buňka prokaryotická a buňka eukaryotická**. Mezi oběma typy buněk nejsou žádné přechody: lze jednoznačně rozhodnout, kterého typu buňka je.

• Složení a struktura prokaryotické buňky

Velikost prokaryotických buněk se udává v µm *(mikrometrech)*. Celý živý obsah buňky se nazývá **protoplast**. Prvkovým a molekulárním složením se prokaryotická buňka neliší od buňky eukaryotické.

Šest hlavních **biogenních prvků:** C, O, N, H, P, S tvoří asi 97 % sušiny buňky a také čtyři hlavní **biomolekulární látky** *(bílkoviny, nukleové kyseliny, polysacharidy a lipidy)* tvoří asi 97 % sušiny. Kromě cytoplazmy má prokaryotická buňka jen čtyři nepostradatelné struktury: jadernou hmotu *(do kruhu stočenou dvoušroubovici DNA)*, ribozómy, cytoplazmatickou membránu a buněčnou stěnu. I prokaryotická buňka je nesmírně složitá *(viz doplněk str. 71)*.

Cytoplazma je velmi viskózní, koncentrovaný roztok mnoha malých i velkých molekul. Vyplňuje zcela prostor buňky.

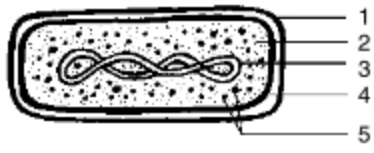
Jaderná hmota „nukleoid“ je až na výjimky jediná do kruhu stočená dvoušroubovice molekuly DNA na bílkovinném nosiči. Je vlastně jediným chromozomem. DNA je asi 1000× delší než vlastní buňka, a proto je v buňce poskládána do smyček.

Ribozomy jsou tělíska v cytoplazmě. Klidová buňka jich obsahuje několik set, rostoucí 30 000 i více.

Cytoplazmatická membrána izoluje vnitřní prostředí buňky od vnějšího a má polopropustné vlastnosti *(semipermeabilní) (viz str. 24)*.

Buněčná stěna je tuhý obal, udělující buňce tvar a mechanicky ji ochraňující před vlivy vnějšího prostředí.

1 – buněčná stěna,
2 – cytoplazma,
3 – chromozom,
4 – cytoplazmatická membrána,
5 – ribozomy

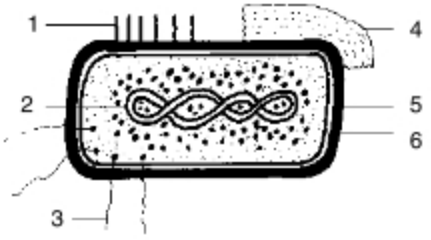


Struktura prokaryotické buňky

Bakterie *(Bacteria)*

Jsou **heterotrofní** *(jako zdroj uhlíku přijímají organické látky)* i **autotrofní** *(dovedou syntetizovat organické látky z oxidu uhličitého)* organismy. Některé mají i schopnost fotosyntézy *(fotosyntetizující bakterie)*. Kromě DNA, tvořící nukleoid, obsahují v cytoplazmě malé, do kruhu uzavřené molekuly DNA, nazývané **plazmidy**. V buňce může být jeden i více druhů plazmidů v jedné nebo více kopiích. Plazmidy mají schopnost pronikat z buňky do buňky, mohou existovat nejen samostatně v cytoplazmě, ale i včleněné do centrální DNA. Základní složkou buněčné stěny je **peptidoglykan**. Zásobními látkami přítomnými v cytoplazmě jsou **glykogen** a **kyselina poly-ß-hydroxymáselná**. Jsou zdrojem uhlíku a energie.

Nad buněčnou stěnou může být **pouzdro**, tvořené bílkovinou nebo polysacharidem. Uděluje bakterii odolnost. U některých druhů bakterií vyčnívají nepohyblivé **fimbrie**, u jiných druhů **pohyblivé bičíky**. Fotosyntetizující bakterie mají cytoplazmatickou membránu na některých místech vchlípenou. Vytvářejí váčky obsahující **bakteriochlorofyl**, umožňující přeměnu světelné energie slunečního záření na energii chemickou.

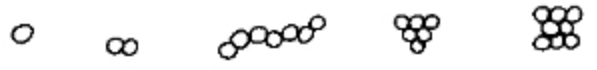


Obecné schéma bakteriální buňky
1– fimbrie, 2 – chromozom *(nukleoid)*, 3 – bičík, 4 – pouzdro, 5 – buněčná stěna, 6 – cytoplazmatická membrána

Za nepříznivých podmínek ztratí bakteriální buňka část vody, cytoplazma se zahustí, vytvoří další vrstvy chránící buňku. Buňka se změní na **sporu**, která se nemnoží. Spory jsou velmi odolné, odolávají teplotám až 100 °C a podchlazení –190 °C. Za příznivých podmínek spora přijme vodu a změní se na buňku s plnou životaschopností.

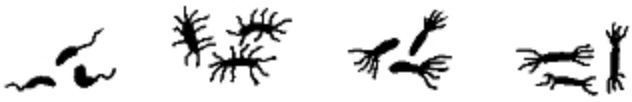
U tvaru těla bakterií rozlišujeme dva základní typy:

a) **tvar kulatý**, mají jej tzv. **koky** *(Coccus)*



b) **tvar tyčinkovitý**, může mít mnoho variací:

Důležitým taxonomickým kritériem pro klasifikaci bakterií je počet a uspořádání bičíků. Rozlišujeme:



- **Rozmnožování bakterií**

Nejtypičtější způsob rozmnožování je **dělení**. Molekula DNA se zdvojí *(replikuje)*, čímž vzniknou chromozomy dva. Každý přejde k opačnému pólu buňky. Mezitím roste buňka do délky. Uprostřed mateřské buňky se utvoří přehrádka, tvořená plazmatickou membránou a buněčnou stěnou. Tím se buňka rozdělí na dvě dceřiné buňky. V příznivých podmínkách se dělení může uskutečnit přibližně každých 20 minut.

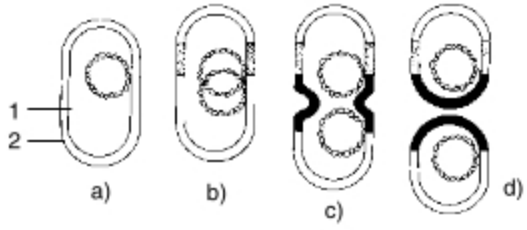


Schéma dělení bakteriální buňky
a) – chromozom se dotýká plazmatické membrány blíže jednoho konce buňky; b) – chromozom se replikuje, buňka roste, vytváří novou membránu a stěnu; c), d) – mezi body dotyku replikovaných chromozomů vytváří nová membrána a stěna přehrádku, která buňku rozdělí na dvě nové
1 – plazmatická membrána, 2 – buněčná stěna

Bakterie se rozmnožují také **pohlavně**. Při pohlavním rozmnožování si vyměňují dva jedinci část genetického materiálu *(chromozomu)*, *(viz doplněk str. 71)*.

Některé bakterie potřebují kyslík *(aerobní bakterie)*, jiné nemohou v přítomnosti kyslíku existovat *(anaerobní bakterie)*. Existují také bakterie **fakultativně anaerobní** *(v přítomnosti kyslíku ho dýchají, v jeho nepřítomnosti dýchají jiné látky, např. dusičnany, nebo organickou látku zkvašují – fermentují)*.

- **Význam bakterií**

Bakterie jsou všudypřítomné. Žijí především v půdě, kde mají nezastupitelný význam. Některé rozkládají odumřelé zbytky a odpadní látky těl živočichů a rostlin na neústrojné, ve vodě rozpustné látky, které mohou být jako živiny přijímány kořeny vyšších rostlin. Tomuto rozkladu říkáme **mineralizace**.

Některé aerobní bakterie přeměňují amoniak na dusičnany, tzv. **nitrifikační bakterie**, jiné anaerobní bakterie redukují dusičnany na plynný dusík nebo na amoniak unikající z půdy, tzv. **denitrifikační bakterie**. *(Význam provzdušňování půdy např. okopáváním.)*

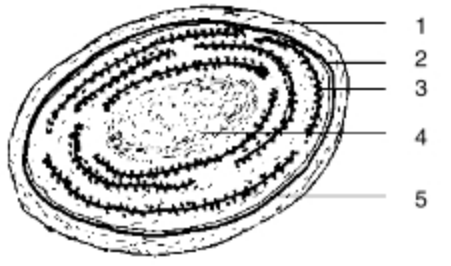
Hlízkovité bakterie žijící na kořenech bobovitých rostlin dovedou vázat přímo vzdušný dusík a měnit ho na organickou formu, tzv. **vazači dusíku**. Některé druhy žijí ve střevech *(kvasné a hnilobné bakterie)*. Jiné bakterie využívá člověk při přípravě potravin *(bakterie mléčného a octového kvašení)*. Některé druhy způsobují vážná a přenosná onemocnění člověka a zvířat ***(patogenní bakterie)***, např.:

pneumokoky	*(zápal plic)*
streptokoky	*(angíny, spálu)*
stafylokoky	*(nežity)*
salmonely	*(tyfus)*
vibria	*(choleru)*
mykobakteria	*(TBC)* aj.

Odolnost proti těmto onemocněním se získává ochranným očkováním *(vakcinací)*. Nemoci se léčí sulfonamidy nebo antibiotiky.

Sinice *(Cyanophyta)*

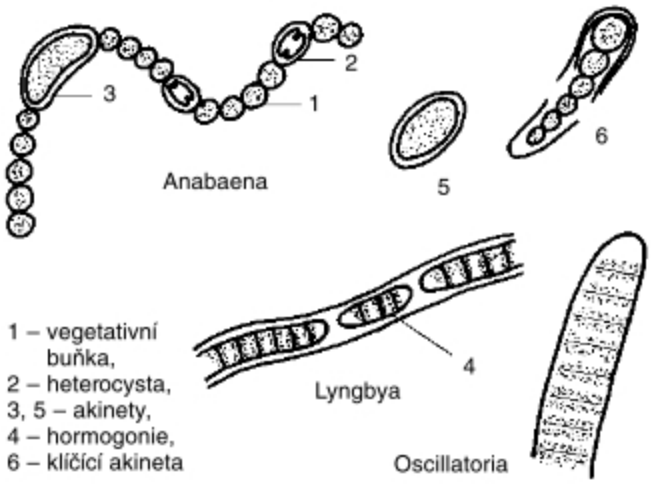
Sinice patří do domény bakterie. Jsou to prokaryotní, autotrofní organismy. Vchlípením a odškrcením od cytoplazmatické membrány vznikl systém **tylakoidů** s chlorofylem **a**, volně, ale víceméně koncentricky uspořádaných okolo jaderné hmoty. Kromě chlorofylu obsahují sinice další asimilační barviva, **ß-karoten** a proteidová barviva, z nichž jsou nejvýznamnější: modrý **fykocyan** a červený **fykoerytrin**. Množství barviv se u jednotlivých druhů sinic liší a tak vzniká jejich kombinací zbarvení žlutozelené, zelené, modré, hnědočervené až červené. Zásobní látkou je sinicový škrob. Buňky jsou uloženy ve slizové pochvě.



Submikroskopická stavba buňky sinice
1 – slizový obal, 2 – buněčná stěna,
3 – tylakoidy se zrníčky *(fykobilizómy)* asimilačních barviv,
4 – jaderná hmota,
5 – cytoplazmatická membrána *(plazmalema)*

Jednobuněčné sinice, které jsou vývojově starší, zůstávají po dělení často pohromadě, spojené vrstvami slizových obalů.

U **vláknitých sinic**, vývojově mladších, je vyvinuta pochva, v níž jsou uloženy buňky za sebou. Některé druhy *(např. rodu Anabaena)* mají vmezeřené **heterocysty** *(tvarově změněné buňky schopné vázat vzdušný dusík)*. V rýžovištích obohacují substrát o dusíkaté látky.



Jednobuněčné sinice se rozmnožují **dělením**, vláknité pomocí **hormogonií**, což jsou několikabuněčná vlákna, která se oddělují od mateřského vlákna a dorůstají v nová. Kromě toho vytvářejí klidové spory – **akinety**, které vzniknou spojením několika vegetativních buněk a vytvořením tlusté buněčné stěny. Akinety klíčí tak, že se jejich obsah přemění v hormogonii, která protrhne stěnu.

Sinice rostou ve vodě, na vlhké půdě, na skalách, na kůře stromů. V rybnících a jezerech se někdy v parném létě tak pomnoží, že hladinu vody zbarvují a tvoří tzv. „vodní květ“. Také barvu Rudého moře podmiňuje *Trichodesmium erythraeum*. Zástupci rodu jednořadka *(Nostoc)* tvoří s houbovými vlákny stélky lišejníků. Sinice jsou první vegetací osídlující holé skály a připravující podmínky pro pozdější uchycení jiných organismů. Na Zemi se vyskytovaly již před 3 miliardami let a podílely se na sycení praatmosféry kyslíkem.

Prochlorofyty *(Prochlorophyta)*

Jsou prokaryotické, autotrofní organismy. Jsou součástí nanoplanktonu oceánů a moří. Stavbou buněk se podobají sinicím. V tylakoidech však obsahují **chlorofyl a, chlorofyl b** a **karotenoidy**. Nález chlorofylu b u prokaryotického organismu potvrzuje vývojovou spojitost tohoto oddělení s eukaryotickými nižšími organismy.

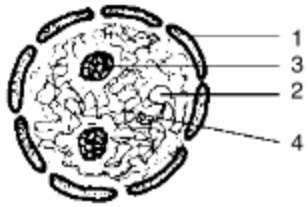
JADERNÍ *(Eukaryota)*

Říše: **ROSTLINY** *(Plantae)*
podříše: **Nižší rostliny** *(Protobionta)*
podříše: **Vyšší rostliny** *(Cormobionta)*

STAVBA A STRUKTURA ROSTLINNÉ BUŇKY

Rostlinná buňka je eukaryotická. Ve srovnání s prokaryotickou buňkou je podstatně větší. Liší se od ní strukturou jádra a jaderných chromozomů, obsahuje velké množství biomembránových organel.

• **Jádro** *(nucleus, karyon)* eukaryotické buňky je zřetelně ohraničeno od okolní cytoplazmy. Na povrchu jádra je dvojitá biomembrána – **blána jaderná**. Vnitřek je vyplněn polotekutou hmotou ***(karyoplazmou)***, v níž se nacházejí vláknité útvary – **chromozomy**, obsahující deoxyribonukleovou kyselinu DNA, která je nositelkou dědičných vlastností. V jádře se nachází jedno nebo několik **jadérek**.



Stavba jádra nedělící se buňky
1 – dvojitá biomembrána s póry,
2 – vláknité chromozomy,
3 – jadérko *(nucleolus)*,
4 – karyoplazma

Před buněčným dělením se chromozomy zdvojnásobí, zkrátí, ztloustnou, takže jsou dobře pozorovatelné. Chromozom má dvě ramena a podélně je rozdělen na dvě chromatidy.

Chromozom
1 – centromera,
2 – chromatidy

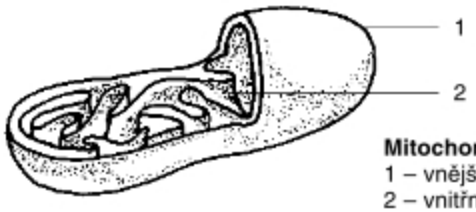
Každý rostlinný a živočišný druh má v jádře určitý počet chromozomů. Tělesné buňky obsahují dvojnásobný ***(diploidní)*** **2n** počet chromozomů, pohlavní buňky obsahují jednoduchou sadu ***(haploidní)*** **n** chromozomů. Např.:

organismus	počet chromozomů	
	jádro tělesné buňky (2n)	jádro pohlavní buňky (n)
člověk	46	23
kukuřice	20	10
hrách setý, atp.	14	7

Kromě jádra mezi membránové organely patří:

• **Mitochondrie**, tyčinkovité až vláknité útvary. V buňce jich bývá několik set. Jsou opatřeny dvěma biomembránami.

V mitochondriích se uskutečňuje buněčné dýchání. Energie uvolněná při dýchání zabezpečuje životní děje v buňce.



Mitochondrie
1 – vnější biomembrána,
2 – vnitřní biomembrána

• **Endoplazmatické retikulum** je membránový systém. Na některé jeho membrány jsou připojeny ribozomy *(hrubé ER)* a je místem syntézy buněčných bílkovin. Hladké ER bez ribozomů je místem, kde se syntetizují glykolipidy.

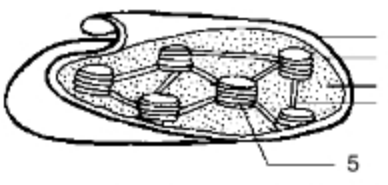
• **Golgiho systém** je soustava plochých měchýřků, ve kterých probíhají biochemické reakce upravující látky dopravované sem z hrubého a z hladkého ER v malých váčcích. V živočišných buňkách takovou úpravou procházejí například bílkoviny, lipidy a steroidy, v rostlinných buňkách bílkoviny a složité sacharidy *(celulóza), (viz doplněk str. 72)*.

• **Lyzozomy** jsou měchýřky tvořené biomembránou, uzavírající trávicí enzymy.

• **Vakuoly** jsou organelami především rostlinných buněk. Biomembrána oddělující vakuolu od cytoplazmy se nazývá **tonoplast**. Vnitřek je naplněn roztokem nejrůznějších látek, obsahuje však také enzymy, které se zúčastňují metabolických přeměn. Obsah vakuoly se nazývá **buněčná šťáva**.

Dalšími důležitými organelami rostlinných buněk jsou **plastidy** – zelené **chloroplasty**, barevné **chromoplasty** a bezbarvé **leukoplasty**.

• **Chloroplasty** jsou ohraničeny dvojitou biomembránou, která uzavírá bílkovinnou plazmu – **stroma**. V ní je síť uzavřených biomembrán – **tylakoidů**. Stupňovitě na sebe uložené tylakoidy tvoří **grana**, obsahující zelený chlorofyl, asimilační barvivo.



1 – vnější biomembrána,
2 – vnitřní biomembrána,
3 – stroma,
4 – stromový tylakoid,
5 – granový tylakoid

Submikroskopická stavba chloroplastu

• **Chromoplasty** obsahují červená a žlutá asimilační barviva – karotenoidy a xantofyly. Jsou hojně obsaženy v červeně, žlutě a oranžově zbarvených plodech a květech. Asimilační barviva jsou nerozpustná ve vodě.

• **Leukoplasty** se nacházejí zejména v neosvětlených částech rostlin *(kořenech, oddencích, ve vnitřních částech stonků)*. Hromadí se v nich zásobní látky *(škrob, bílkoviny, lipidy)*.

• Všechny eukaryotické buňky obsahují **cytoskeletální systém** *(cytoskelet – kostra buňky)*. Je tvořen vlákénky – **mikrofilamenty** a trubičkami – **mikrotubuly**. V buňce tvoří svazky, které se mohou zkracovat a natahovat a umožňovat tak pohyb cytoplazmy uvnitř buňky. Mikrofilamenty a mikrotubuly se podílejí na vzniku **dělicího vřeténka** při mitóze. Na povrchu rostlinných buněk a buněk hub je **buněčná stěna**. Hlavní chemickou složkou buněčné stěny je **buničina** *(celulóza)*, u hub **chitin**. Buněčné stěny dřevin obsahují též **dřevovinu** ***(lignin)***. *(Přehled buněčných struktur viz doplněk na str. 73.)*

• Uvnitř rostlinných buněk se mohou ukládat některé často nápadné součásti – produkty jejich metabolismu jako např. **škrobová zrna, mikrokapénky tuků, krystalické inkluze** *(např. krystalky šťavelanu vápenatého)*, u některých rostlin *(např. miříkovitých, hluchavkovitých)* též **silice**.

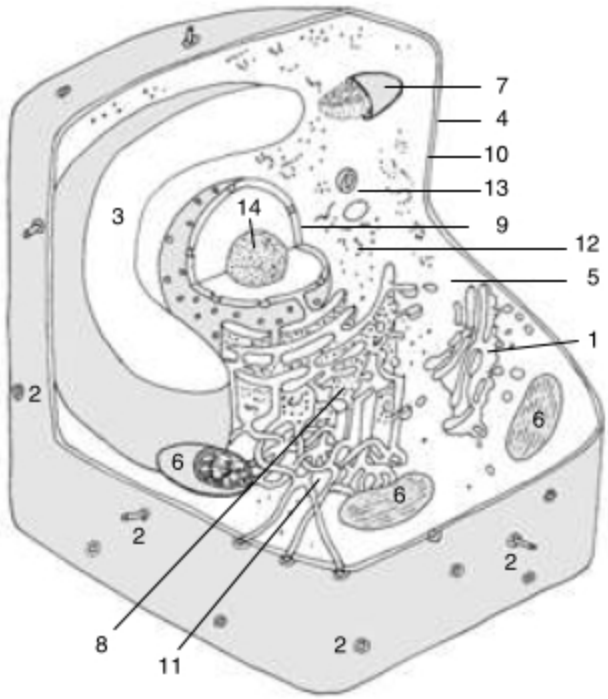
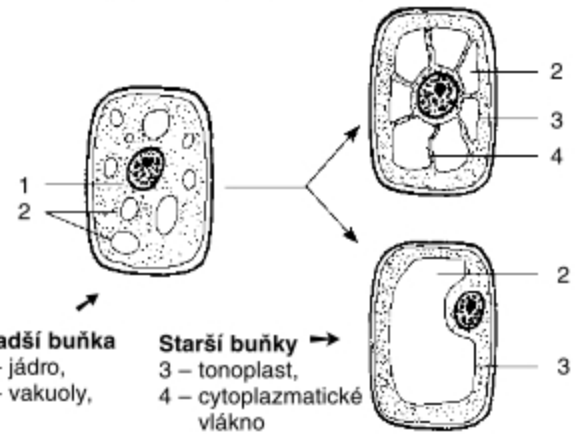


Schéma rostlinné buňky
1 – Golgiho systém, 2 – plazmodesm, 3 – vakuola,
4 – buněčná stěna, 5 – cytoplazma, 6 – plastid,
7 – mitochondrie, 8 – hrubé ER, 9 – jaderná blána,
10 – plazmatická membrána, 11 – hladké endoplazmatické retikulum, 12 – ribozomy, 13 – peroxizom, 14 – jadérko

Mladé rostlinné buňky obsahují více malých vakuol, starší buňky často jednu velkou vakuolu, která zatlačí cytoplazmu i s jádrem k buněčné stěně, nebo zůstane jádro uprostřed buňky zavěšené na tenkých cytoplazmatických vláknech.



Mladší buňka
1 – jádro,
2 – vakuoly,

Starší buňky
3 – tonoplast,
4 – cytoplazmatické vlákno

ROZMNOŽOVÁNÍ EUKARYOTICKÝCH BUNĚK *(mitóza)*

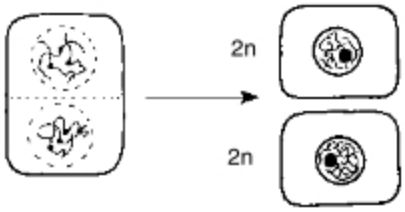
Rozmnožování buněk *(buněčné dělení)* je podmínkou zvětšování objemu živé hmoty – růstu organismu. Před dělením buňky dochází nejdříve k rozdělení jejího jádra – **karyokinézi**, která zaručuje rovnoměrné rozdělení jaderné hmoty do vznikajících dceřiných jader. Následuje rozdělení mateřské buňky – **cytokinéza**. Proces se označuje jako **nepřímé dělení – mitóza** *(mitosis)*. Probíhá ve čtyřech fázích.

a) V **profázi** se chromozomy zkracují, ztlušťují a stávají se viditelnými. Blána jaderná se rozpouští, z části cytoskeletálního aparátu *(z mikrotubulů)* se vytvoří dělicí vřeténko *(1)*.

b) V **metafázi** se seřadí chromozomy svými centromerami do centrální roviny buňky.

c) V **anafázi** se chromozomy v místě centromery podélně rozdělí a chromatidy *(sesterské chromozomy)* jsou zkracováním mikrotubulů dělicího vřeténka přitahovány k opačným koncům buňky.

d) V **telofázi** dělicí vřeténko zaniká, chromozomy se protahují a přestávají být viditelné. Okolo chromozomů se vytváří jaderná blána, objevují se jadérka. Uprostřed buňky se vytváří cytoplazmatická přepážka, která posléze rozdělí mateřskou buňku na dvě buňky dceřiné *(dochází k cytokinézi)*.



Dceřiné buňky rostou, sesterské chromozomy *(chromatidy)* se zdvojnásobí – dochází k **replikaci DNA** *(děj se označuje jako **duplikace chromozomů**)*. Dceřiné buňky se tak postupně mění na nové buňky mateřské. Doba mezi dvěma děleními se nazývá **interfáze** *(viz buněčný cyklus str. 346)*. Při mitóze se počet chromozomů v dceřiných buňkách shoduje s počtem chromozomů v mateřské buňce.

MEIÓZA *(meiosis)*

Základem **buněčné teorie** je skutečnost, že každá buňka pochází z buňky již dříve existující. Všechny buňky tvořící tělo rostlin, živočichů i hub vznikly dělením původně jediné buňky. Při pohlavním rozmnožování splynutím samčí haploidní pohlavní buňky ***(samčí gamety)*** se samičí haploidní pohlavní buňkou ***(samičí gametou)*** vznikne diploidní **zygota**. Jejím mnohonásobným dělením *(mitózami)* vznikne celý organismus. Většina buněk tvořících těla vyšších rostlin a živočichů je tedy **diploidních** *(u nižších rostlin a u bakterií častěji **haploidních**; diploidní stav se u nich vyskytuje pouze krátce po splynutí pohlavních buněk)*.

Zvláštní způsob buněčného dělení, při kterém vznikají haploidní pohlavní buňky ***(gamety)*** nebo haploidní výtrusy ***(spory)*** se nazývá meióza.

Chromozomy jsou v buněčných jádrech tělových *(somatických)* buněk vždy v párech. Jeden chromozom pochází ze samčího organismu, druhý ze samičího. Párové chromozomy se označují jako **homologické chromozomy**. Párová přítomnost chromozomů v jádře se označuje jako **diploidie**. Meiotické dělení se uskutečňuje v zárodečných tkáních a probíhá ve dvou po sobě následujících děleních, označovaných jako první zrací dělení *(redukční)* a druhé zrací dělení *(ekvační)*. Obě dělení probíhají ve čtyřech fázích.

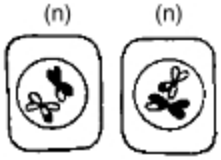
- **První zrací dělení** *(redukční)*

– V **profázi I** se rozpouští blána jaderná a jadérko, chromozomy se stávají viditelnými. Homologické chromozomy se přikládají svými centromerami k sobě a vytvářejí **chromatidové tetrády**. Přitom dochází někdy k výměně úseků jejich chromatid (*rekombinační proces **crossing – over***).

– V **metafázi I** se tetrády svými centromerami uspořádají v centrální rovině buňky.

– V **anafázi I** nastává oddělení tetrád. Zkracující se mikrotubuly dělicího vřeténka táhnou chromozomy k opačným koncům buňky. Každý chromozom sestává ze dvou chromatid.

– V **telofázi I** se mateřská buňka rozdělí na dvě dceřiné haploidní buňky.



• **Druhé zrací dělení** *(ekvační)*

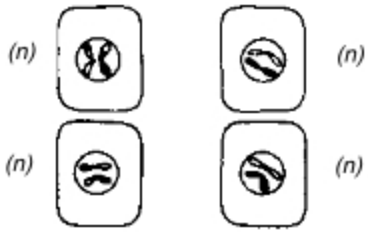
Je mitózou obou dceřiných haploidních buněk. Zahrnuje opět čtyři mitotické fáze.

– V **profázi II** se v každé dceřiné buňce vytvoří dělicí vřeténko.

– V **metafázi II** se chromozomy uspořádají v centrálních rovinách buněk.

– V **anafázi II** se centromery chromozomů rozdělí a chromatidy *(sesterské chromozomy)* jsou zkracujícími se mikrotubuly dělicího vřeténka taženy k opačným koncům buněk.

– V **telofázi II** se obě dceřiné buňky rozdělí, vzniknou tedy čtyři buňky s haploidním počtem chromatid ve svých jádrech.



Ty se prodlužují, přestávají být viditelné. Dochází k replikaci DNA a duplikaci chromatid. Buňky se postupně diferencují v pohlavní buňky *(nebo spóry)*.

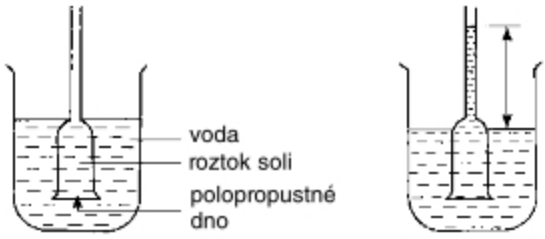
◗ *Shrnutí*

Podle buněčné teorie každá buňka pochází z buňky již dříve existující. Všechny buňky obsahují chromozomy, jejichž součástí je molekula DNA, která je nositelkou dědičných vlastností buňky. Každému dělení buňky předchází rozdělení molekuly DNA *(replikace)* a zdvojení chromozomů *(duplikace)* a všech buněčných struktur. Následuje rozdělení buňky *(cytokinéza)*, čímž vzniknou dvě dceřiné buňky, každá s chromozomální výbavou rodičovské buňky. V haploidních buňkách existuje jediná kopie každého typu chromozomů; v diploidních buňkách jsou kopie dvě *(páry homologních chromozomů)*. Diploidní buňka vzniká splynutím samčí a samičí haploidní buňky *(oplodněním)*, zatímco haploidní buňky se tvoří z diploidní buňky odlišným typem buněčného dělení *(meiózou)*, při kterém se redukuje počet chromozomů na polovinu původního počtu.

OSMOTICKÉ JEVY V BUŇCE

Osmóza je jednostranná difuze molekul rozpouštědla přes **polopropustnou** *(semipermeabilní)* membránu do roztoku.

Vložíme-li do vody nádobu s polopropustným dnem, naplněnou roztokem rozpuštěné látky, pronikají malé molekuly vody přes polopropustné dno. Voda nařeďuje roztok a jeho objem se zvětšuje.



Zatímco buněčná stěna má vlastnosti propustné *(permeabilní)* pro částice určité velikosti, cytoplazmatická membrána a tonoplast mají vlastnosti polopropustné. Nachází-li se rostlinná buňka ve vodě nebo v roztoku s nízkou koncentrací rozpuštěných látek, pronikají molekuly vody přes cytoplazmatickou membránu a tonoplast do vakuoly, která zvětšuje objem, a cytoplazma vyvíjí tlak na buněčnou stěnu, tzv. **turgor**. Naopak, nachází-li se buňka v roztoku s větší koncentrací rozpuštěných látek, než má buněčná šťáva, pohybují se molekuly vody přes tonoplast a cytoplazmatickou membránu z buňky ven. Vakuola zmenšuje svůj objem, cytoplazma se odtrhává od buněčné stěny – nastává **plazmolýza**.

Prostředí, které má větší osmotickou hodnotu, než je osmotická hodnota buněčné šťávy ve vakuole, se označuje jako **hypertonické**. Prostředí, které má nižší osmotickou hodnotu, než je osmotická hodnota buněčné šťávy ve vakuole, se označuje jako **hypotonické**. Stejné osmotické hodnoty prostředí i buněčné šťávy ve vakuole se označují jako **izotonické**.

VNITŘNÍ STAVBA TĚLA ROSTLIN

ROSTLINNÁ PLETIVA

Základní stavební jednotkou těl nižších a vyšších rostlin je buňka. U jednobuněčných rostlin vykonává jediná buňka funkce celého organismu. U mnohobuněčných nižších rostlin je stavba jejich těl značně jednoduchá a buňky, které je skládají, jsou si celkem velmi podobné. U vyšších rostlin je zpravidla jejich tělo rozlišeno na kořen, stonek a listy, u kvetoucích rostlin dále na květy

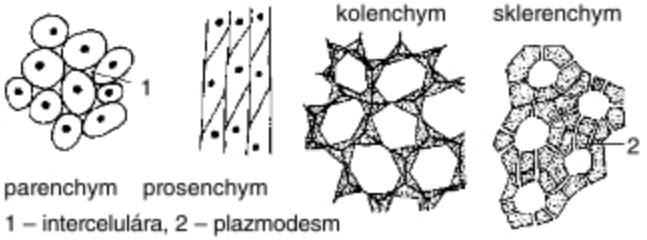
a plody. Buňky různých částí rostlinného těla se liší svými funkcemi, a proto mají různý tvar a velikost. Soubory buněk, které vykonávají stejné funkce a které mají přibližně stejný tvar a velikost, nazýváme **pletiva** *(u živočichů tkáně)*. Podle tloušťky buněčné stěny, podle přítomnosti či nepřítomnosti mezibuněčných prostorů a podle tvaru rozlišujeme čtyři druhy pletiv.

• **Parenchym** – složený z tenkostěnných buněk s četnými mezibuněčnými prostorami *(intercelulárami)*.

• **Prosenchym** – složený z jednosměrně protažených buněk se šikmými příčnými přehrádkami bez intercelulár. Vyskytuje se nejčastěji ve svazcích cévních. Mladší buňky bývají tenkostěnné, starší tlustostěnné.

• **Kolenchym** – složený z tenkostěnných buněk, které jsou nápadně ztlustlé v rozích. Buňky mohou mít někdy ztlustlou i celou jednu stěnu a potom hovoříme o **deskovitém kolenchymu**.

• **Sklerenchym** má buněčné stěny značně ztlustlé s kanálky, kterými pronikají jemná plazmatická vlákénka ***(plazmodesmy)***, umožňující spojení se sousedními buňkami. Buňky později odumírají a sklerenchymatické pletivo má funkci mechanické opory.



1 – intercelulára, 2 – plazmodesm

Podle funkce rozlišujeme pletiva dělivá a trvalá:

PLETIVA DĚLIVÁ *(meristémy)*

Jsou tvořena drobnými parenchymatickými buňkami s relativně velkými jádry. Buňky se neustále dělí, a tím umožňují růst rostlin po celý život. Nacházejí se na vrcholcích stonků a v kořenových špičkách – **vrcholové dělivé pletivo**. Dále od vrcholu dělení buněk postupně ustává, buňky nabývají větších rozměrů a nápadně mění i svůj tvar. Přeměňují se na pletiva trvalá. Buňky trvalých pletiv se v některých rostlinných orgánech mohou znovu dělit, a tím vznikají **druhotná** *(sekundární)* **dělivá pletiva**. Jsou to např. **kambium**, jehož činností vzniká druhotné dřevo a lýko, **felogen** *(korkotvorné pletivo)* jehož činností vzniká druhotná kůra a **kalus** *(hojivé pletivo)*.

PLETIVA TRVALÁ

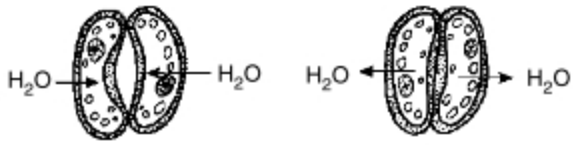
Jsou tvořena rozlišenými *(diferencovanými)* buňkami dokonale uzpůsobenými k určitým funkcím. Jejich buňky se dále již nedělí. Rozdělujeme je na pletiva krycí, vodivá, zpevňovací a základní.

PLETIVA KRYCÍ *(pokožková)*

Rostlinné tělo vyšších rostlin kryje **pokožka** *(epidermis)*, tvořená dlaždicovitými buňkami těsně k sobě přiléhajícími, bez chlorofylu. Chrání rostlinné tělo před nadměrným vypařováním vody. Vnější stěny buněk jsou ztlustlé a jsou kryty tenkou vrstvou **kutikuly**, tvořenou kutinem, látkou tukové povahy, nepropustnou pro vodu a plyny.

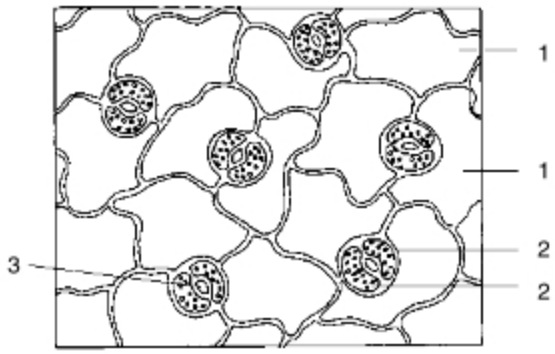
1 – kutikula,
2 – pokožkové buňky

Rostlina však musí s vnějším prostředím vyměňovat plyny *(oxid uhličitý a kyslík)* a vodu. To jí umožňují **průduchy** *(stomata)*. Průduch je tvořen dvěma svěracími buňkami, které mezi sebou uzavírají štěrbinu. Jsou-li svěrací buňky dostatečně zásobeny vodou *(při vysoké vzdušné vlhkosti)*, v důsledku osmotických jevů ve svěracích buňkách vzroste turgor, svěrací buňky se vyklenou a průduch se zvětší. Při nedostatku vody *(malé vzdušné vlhkosti)* svěrací buňky ztrácejí vodu, turgor se zmenší, buňky se narovnají a průduch se zmenší.



Změna turgoru ve svěracích buňkách v závislosti na vlhkosti vzduchu – otevírání a zavírání průduchů.

Pohyb svěracích buněk ovlivňuje také světlo, teplo a různé fyzikálně-chemické procesy v buňkách.



Spodní pokožka listu hrachu *(350x)*
1 – pokožkové buňky, 2 – svěrací buňky uzavírají průduch (3)

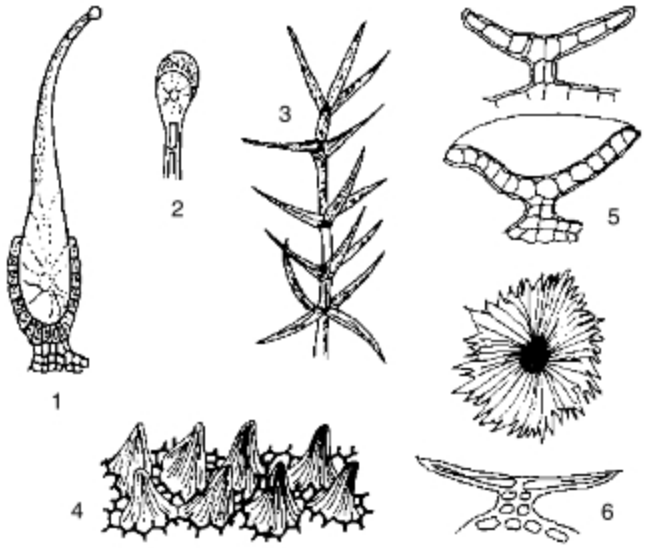
Průduchy se u suchozemských dvouděložných rostlin nacházejí hlavně v pokožce na spodní straně listů. U jednoděložných rostlin na obou stranách listů, u vodních rostlin, jejichž listy splývají na hladině, se průduchy nacházejí na svrchní straně listů.

Součástí krycích pletiv jsou i **chlupy** *(trichomy)*. Mají různý tvar, stavbu i funkci.

• **Trichomy krycí** mají především funkci ochrannou. Jsou protažené do špičky, mohou být rozvětvené, jedno i vícebuněčné.

• **Trichomy žláznaté** bývají zakončeny paličkou, ale také bývají štítkovité až miskovité. Vylučují vodné roztoky anorganických látek a cukrů, sliz, silice a pryskyřičnaté látky.

• **Trichomy žahavé** jsou typem žláznatých chlupů, mají lahvicovitý tvar, jsou jednobuněčné, nerozvětvené. Blízko vrcholu chlupu je buněčná stěna ztenčená, prostoupená oxidem křemičitým, a proto křehká. Při dotyku se v tomto místě vrchol chlupu snadno ulomí. Dochází k vystříknutí žahavé, mnohdy jedovaté látky působící pálení a svědění.



Různé druhy chlupů
1 – žahavý chlup kopřivy, 2 – žláznatý chlup pelargónie, 3 – krycí chlup divizny velkokvěté, 4 – chlupy na korunním lístku macešky, 5 – žláznatý chlup z květenství chmele, 6 – krycí chlup rakytníku

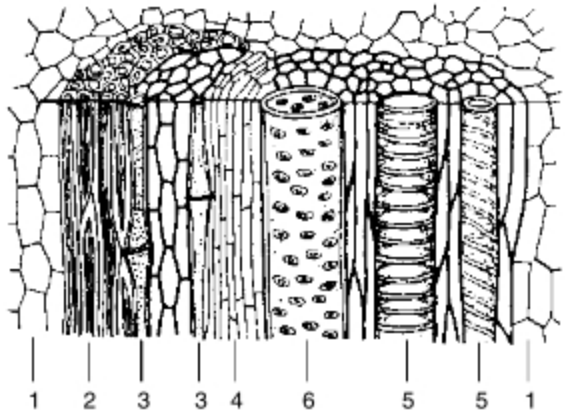
PLETIVA VODIVÁ

Slouží k rozvádění různých látek rozpuštěných ve vodě na různá místa v rostlině. Procházejí jako provazce protáhlých buněk kořenem, stonkem a větvemi až do listů a zde se rozvětvují v podobě žilek. Nazývají se **svazky cévní** a rozdělují se na část dřevní a část lýkovou.

• **Část dřevní** *(xylem)* tvoří cévice *(u kapraďorostů a nahosemenných)* nebo cévice a cévy *(u krytosemenných)* a průvodní pletiva.

Cévice *(tracheidy)* jsou protáhlé buňky se zdřevnatělými stěnami, různým způsobem ztloustlými. V místech vzájemného styku mají příčné stěny zachované.

Cévy *(tracheje)* jsou trubicovité útvary vzniklé spojením protáhlých buněk nad sebou. Jejich protoplast odumřel a jejich buněčné stěny se v místě styku rozpustily. Cévy uskutečňují **vzestupný transport** – z kořenů vedou do stonku a do listů vodu s rozpuštěnými minerálními látkami. Stěny cév bývají charakteristicky ztloustlé *(kruhovitě, šroubovitě, tečkovitě, schodovitě)* a mají též zpevňovací funkci.



Podélný řez svazkem cévním ve stonku kukuřice
1 – tenkostěnné pletivo, 2 – tlustostěnná vlákna lýková, 3 – sítkovice, 4 – tenkostěnné buňky provázející sítkovice, 5 – cévy kruhovitě a šroubovitě ztlustlé, 6 – céva tečkovaná

• **Část lýková** *(floem)* se skládá z živých protáhlých buněk. V plazmě neobsahují jádro a jejich příčné přepážky jsou proděravělé. Proto se nazývají **sítkovice**. Z listů vedou asimiláty na místa spotřeby. Pevných vláken, která doprovázejí sítkovice v některých rostlinách *(konopí, len)*, se používá k výrobě textilií.

Vzájemná poloha části dřevní a lýkové určuje typ cévního svazku. Rozlišujeme vodivé svazky bočné *(kolaterální)*, dvojbočné *(bikolaterální)*, paprsčité *(radiální)* a soustředné *(koncentrické)*, které mohou být buď dřevostředné *(hadrocentrické)*, nebo lýkostředné *(leptocentrické)*.

• **Bočné** *(kolaterální)* svazky cévní jsou nejčastější svazky cévní ve stoncích a listech semenných rostlin. Lýko bývá na vnější straně stonku, dřevo na vnitřní straně stonku.

1 – floem,
2 – xylem

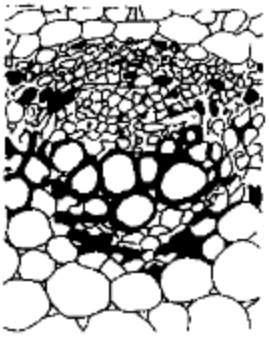
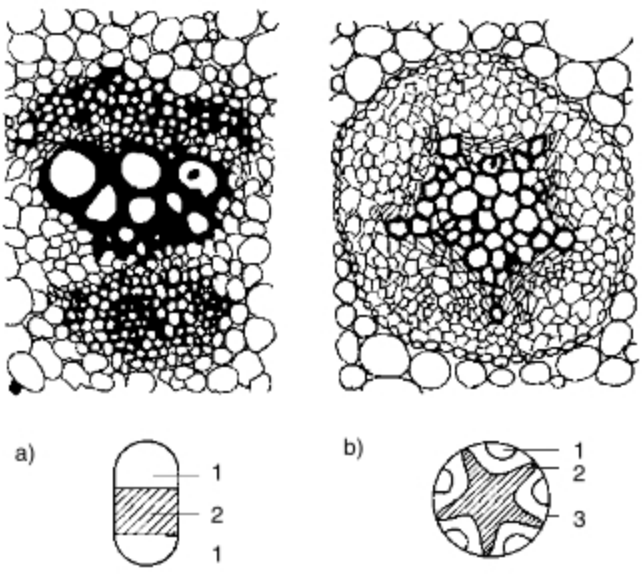


Schéma a mikrofoto bočného svazku cévního

• **Dvojbočné** *(bikolaterální)* svazky cévní mají dřevo z obou stran obklopené lýkem. Vnější lýko bývá silnější než vnitřní. Vyskytují se ve stoncích tykvovitých a lilkovitých rostlin.



a) **Schéma a mikrofoto dvojbočného svazku cévního**
b) **Schéma a mikrofoto paprsčitého svazku cévního**

1 – floem, 2 – xylem, 3 – pochva

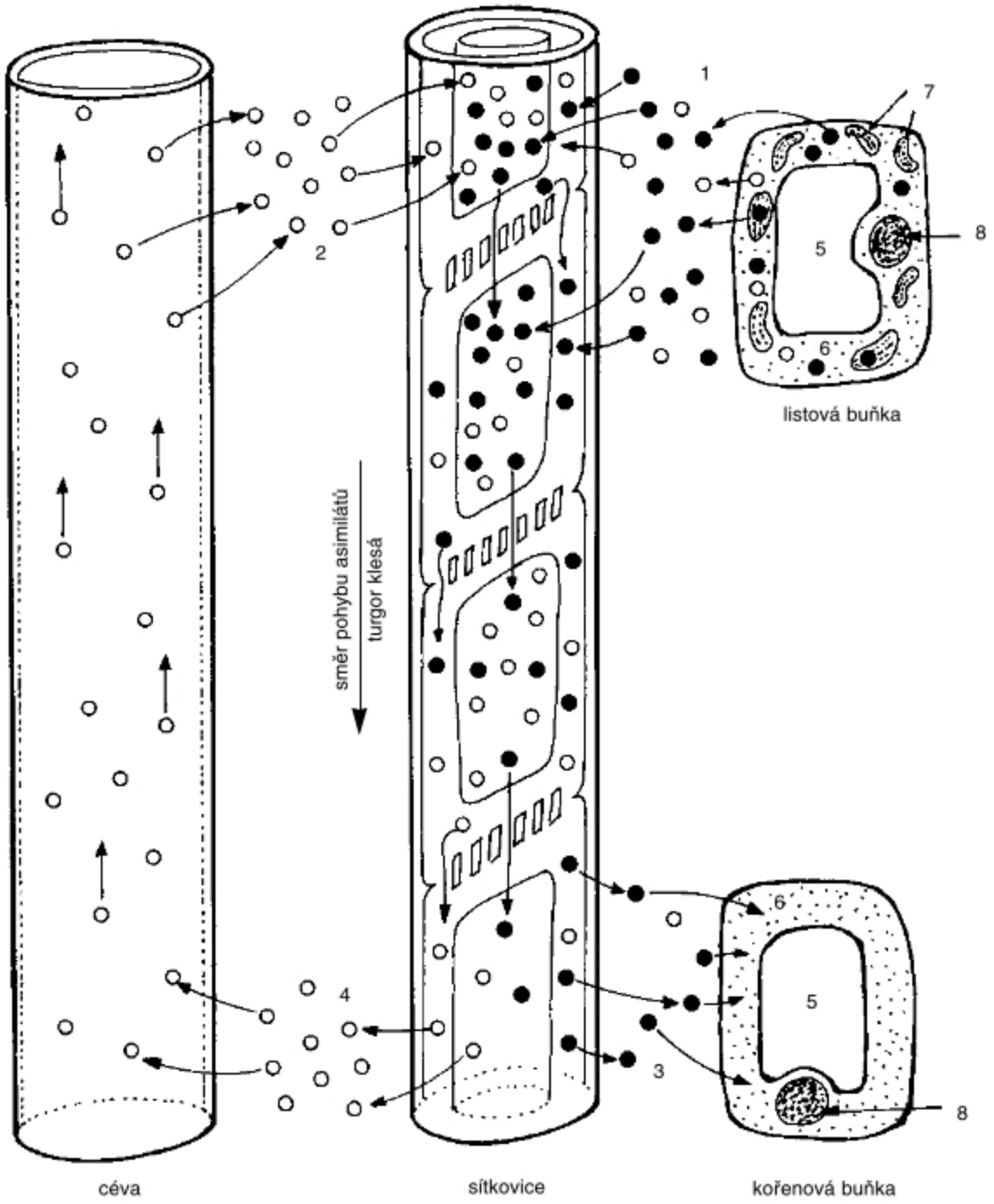


Schéma transportu vody a asimilátů v sítkovicích

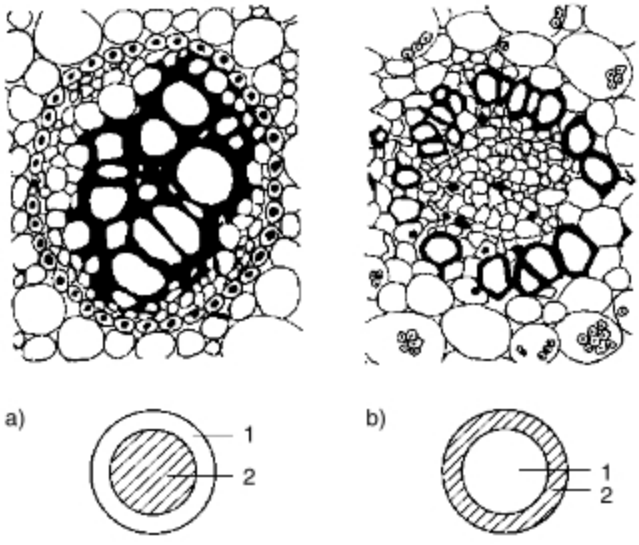
● – asimiláty, ○ – molekuly vody, 1, 2, 3, 4 – viz text, 5 – vakuola, 6 – cytoplazma, 7– plastidy, 8 – jádro

Produkty fotosyntézy *(asimiláty)* jsou aktivně *(za spotřeby molekul ATP)* přijímány buňkami sítkovic *(floemu)* (1). Prostředí floemu se tak stává hypertonickým vůči sousedícím cévám *(xylemu)* a molekuly vody z cév osmoticky prostupují do sítkovic *(floemu)* (2). V buňkách floemu vzrůstá turgor, který je snižován odtokem roztoku asimilátů z listového floemu do stonkového a dále do kořenového floemu. Asimiláty jsou odčerpávány z floemu nefotosyntetizujícími buňkami (3) stonku a kořene, které je využívají k zabezpečení svého metabolismu. Roztok v sítkovicích se tak postupně stále více zřeďuje. Výsledkem je pokles turgoru v buňkách floemu jednak směrem k dělivým pletivům *(meristémům)* ve vzrostných vrcholech, jednak směrem dolů ke kořenovým buňkám. Z buněk kořenového floemu molekuly vody osmoticky pronikají do sousedícího xylemu (4) a jsou transportovány *(transpiračním sáním)* zpět do listů.

Shrnutí: Voda transportovaná z xylemu do floemu v listech v něm zvyšuje turgor. Ten je snižován odtokem roztoku asimilátů na místa spotřeby. V kořenovém floemu, kde je již koncentrace asimilátů velmi malá, prostupují molekuly vody zpět do xylemu.

• **Paprsčité** *(radiální)* svazky cévní jsou uspořádány tak, že dřevní a lýkové části jsou postaveny vedle sebe a pravidelně se střídají. Vyskytují se ve všech kořenech v prvním roce a v kořenech, které druhotně netloustnou. Všechny dřevní i lýkové části jsou obklopeny společnou pochvou, takže tvoří jeden celek.

• **Soustředné** *(koncentrické)* svazky cévní mají buď dřevo obklopené lýkem *(hadrocentrické svazky cévní)*, např. u kapradin, nebo lýko obklopené dřevem *(leptocentrické svazky cévní)*, např. u jednoděložných rostlin.



a) **Schéma a mikrofoto soustředného svazku cévního, hadrocentrického**
b) **Schéma a mikrofoto soustředného svazku cévního, leptocentrického**

1 – floem, 2 – xylem

PLETIVA ZÁKLADNÍ

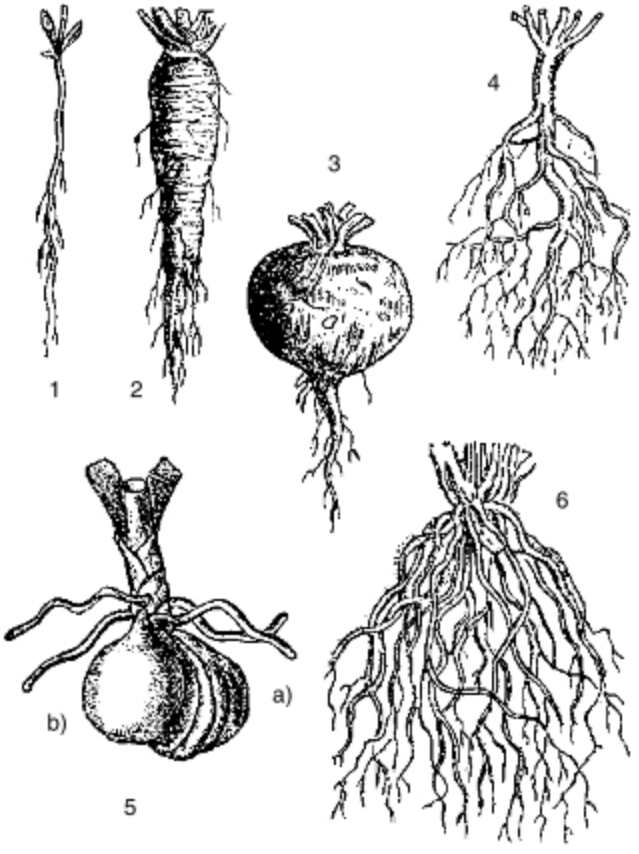
Jsou tvořena parenchymatickými buňkami, vyplňujícími prostory mezi pletivy krycími a vodivými. Buňky těchto pletiv jsou přizpůsobeny různým funkcím. Obsahují-li buňky velké množství chloroplastů, jde o **pletivo asimilační**. Buňky **pletiva zásobního** obsahují hojně leukoplastů a škrobových zrn. V buňkách **pletiva vodního** se hromadí voda *(u kaktusů)*. U **pletiva vzdušného** *(aerenchymu)* se v mezibuněčných prostorách hromadí vzduch. V základním pletivu se mohou vyskytovat skupiny buněk, ve kterých se hromadí, případně se vylučují, silice, pryskyřice, třísloviny, alkaloidy aj. Jsou to **pletiva vyměšovací**. Patří mezi ně též **mléčnice**, nečlánkované nebo článkované trubicovité buňky, obsahující ve svých vakuolách mléčně zbarvenou tekutinu – **latex**. Vyskytuje-li se v základním pletivu buňka, která se nápadně liší od ostatních buněk tvarem, obsahem či zkorkovatěním buněčné stěny, jde o **idioblast**.

ROSTLINNÉ ORGÁNY VEGETATIVNÍ

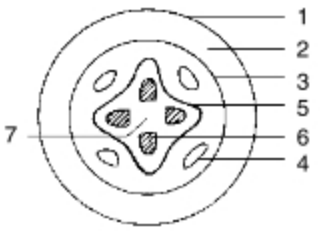
Tělo vyšších rostlin *(kormus)* se člení na tři základní orgány: kořen, stonek a list.

• KOŘEN

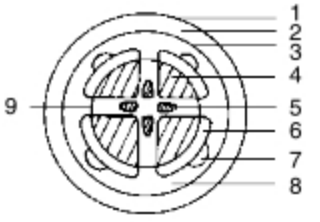
Objevuje se nejdříve při klíčení semene. Roste svisle dolů ve směru zemské tíže *(viz gravitropismus str. 43)*. Upevňuje rostlinu v substrátu a čerpá z něj vodu a v ní rozpuštěné minerální látky. Tento kořen se nazývá hlavní a může mít různý tvar: jednoduchý *(penízek rolní)*, vřetenovitý *(mrkev)*, kulovitý *(řepa)*, hlíznatý *(vstavače)*, větevnatý *(slez)* aj. V určité vzdálenosti od vrcholu kořene vyrůstají **kořeny postranní**, které se dále větví. Soubor kořenů jedné rostliny se označuje jako **kořenová soustava**. Kořeny mohou vyrůstat i ze stonků. Takové kořeny se označují jako **náhradní** *(adventivní)*. U některých rostlin, například trav, hlavní kořen brzy zaniká a je nahrazen trsem adventivních kořenů. Vzrostný vrchol kořene je tvořen **meristémem**, který je chráněn **čepičkou** *(calyptrou)* z parenchymatických buněk. Buňky meristému v určité vzdálenosti od vrcholu ztrácejí schopnost se dělit, rostou a tvarově se rozlišují *(diferencují)*. Na povrchu kořene je jednovrstevná **kořenová pokožka** *(rhizodermis)*. Pod ní je mnohovrstevná parenchymatická **prvotní kůra** *(cortex)*. Její nejvnitřnější vrstva má buňky nápad-



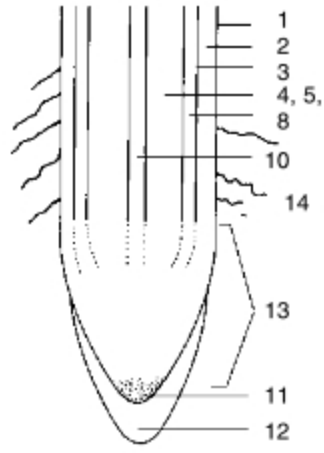
1 – jednoduchý kořen, 2 – vřetenovitý kořen,
3 – kulovitý kořen, 4 – větevnatý kořen,
5 – hlíznatý kořen, a) – loňská hlíza, b) – letošní hlíza,
6 – adventivní kořeny



Příčný řez mladým kořenem
1 – rhizodermis,
2 – primární kůra,
3 – endodermis,
4 – prvotní lýko,
5 – kambium,
6 – prvotní dřevo,
7 – dřeň



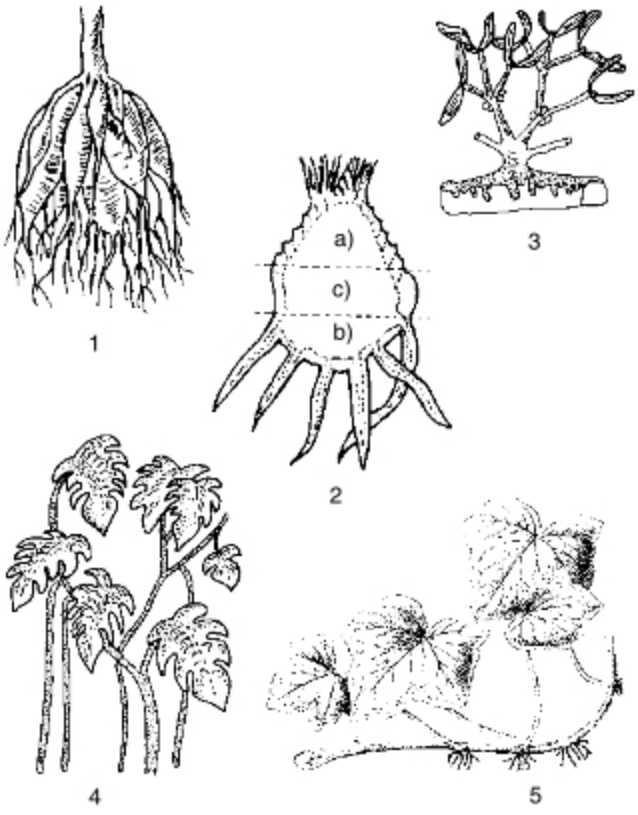
Příčný řez kořenem na konci prvního roku
1 – rhizodermis,
2 – primární kůra,
3 – endodermis,
4 - druhotné dřevo,
5 – prvotní dřevo,
6 – druhotné lýko,
7 – prvotní lýko,
8 – pericykl,
9 – kambium



Podélný řez koncem téhož kořene
1 – rhizodermis,
2 – primární kůra,
3 – endodermis,
4, 5, 6, 7 – vodivé svazky,
8 – pericykl,
10 – dřeň,
11 – meristém,
12 – kořenová čepička,
13 – zóna maximálního růstu a diferenciace,
14 – kořenový vlásek

ně jednostranně ztlustlé. Označuje se jako **endodermis** a ohraničuje **střední válec**. Pod endodermis je vrstva parenchymatického pletiva – **pericykl**. Jeho buňky si uchovávají dělivou schopnost a jeho činností se zakládají postranní kořeny. Středem kořene probíhají vodivá pletiva, v jejichž středu je dřeň. Svazky cévní se v prvotní stavbě kořene paprsčitě střídají a jsou odděleny **kambiem**, jehož činností kořen tloustne. Za vrcholem kořene, kde jsou již vytvořena vodivá pletiva, se z některých buněk pokožky *(jejich protažením)* zakládají **kořenové vlásky**.

Kromě základních funkcí – upevňování rostliny v substrátu a přijímání vody s rozpuštěnými minerálními látkami – vykonávají kořeny někdy i jiné funkce. Potom dochází k jejich **přeměnám** *(metamorfózám)*. V některých kořenech se shromažďují zásobní látky a přeměňují se na **kořenové hlízy** *(jiřiny)*, jindy tloustne s kořenem i část stonku a vznikají **bulvy** *(celer, cukrovka)*, u cizopasných a polocizopasných rostlin se vyvíjejí jako **přísavky** *(haustoria)*, pronikající do pletiv hostitelské rostliny *(jmelí)*, **vzdušné kořeny** *(u filodendronu)* sají vzdušnou vlhkost a přijímají kyslík, **příčepivé kořeny** umožňující přichycování rostliny k podkladu *(břečťan)*.



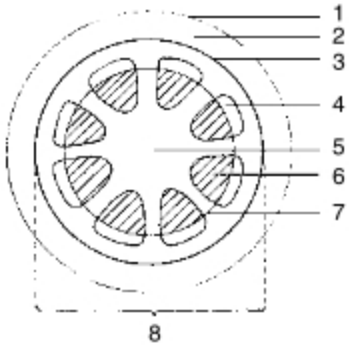
Metamorfózy kořene
1 – kořenové hlízy jiřiny, 2 – bulva celeru,
a) – stonková část, b) – kořenová část, c) hypokotyl
3 – haustoria u jmelí, 4 – vzdušné kořeny u filodendronu
5 – příčepivé kořeny u břečťanu

• STONEK

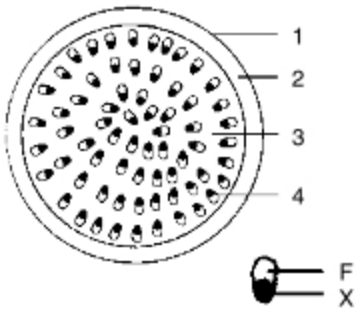
Je nadzemní pokračování kořene a podobá se mu vnitřní stavbou. Na konci stonku, podobně jako u kořene, je vzrostný vrchol s meristémy ve formě **pupenů**. Pupeny se vytvářejí také po stranách stonku v úžlabí listů. Buňky po dělení rostou a diferencují se, na rozdíl od kořene však nerostou všechny stejně. Jsou úseky – **články** *(internodia)*, jejichž buňky se velmi prodlužují, a úseky, kde buňky rostou jen málo a tvoří **uzliny** *(nody)*, ve kterých se zakládají listy a úžlabní pupeny. Uzliny u trav se nazývají **kolénka**, která většinou dále nerostou.

Podélný řez vzrostným vrcholem
1 – základy listů,
2 – dělivá pletiva,
3 – základy postranních větévek

Na povrchu stonku je **pokožka** *(epidermis)*. Pod ní je parenchymatická **primární kůra**, jejíž nejvnitřnější vrstva je tvořena buňkami, obsahujícími hojně škrobových zrn. Tato vrstva se nazývá **škrobová pochva**. Tato pochva ohraničuje **střední válec** s vodivými pletivy a dření. U dvouděložných rostlin jsou vodivá pletiva uspořádána do kruhu, u jednoděložných rostlin jsou roztroušena.



Příčný řez stonkem dvouděložné rostliny
1 – pokožka,
2 – primární kůra,
3 – škrobová pochva,
4 – floem,
5 – dřeň,
6 – xylem,
7 – kambium,
8 – střední válec

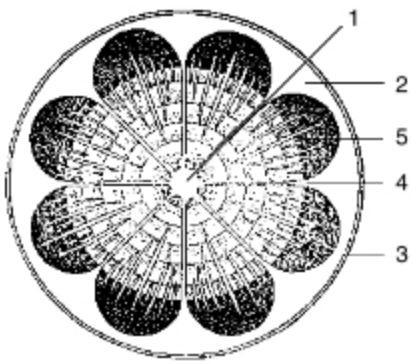


Příčný řez stonkem jednoděložné rostliny
1 – pokožka,
2 – parenchym nebo sklerenchym,
3 – základní parenchym,
4 – svazek cévní

F – floem,
X – xylem

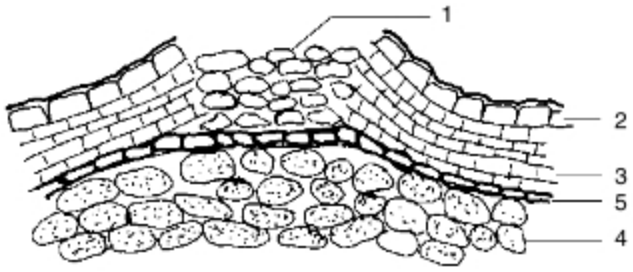
Nadzemní část rostliny se nazývá **prýt**. Charakter stonku určuje charakter celého rostlinného těla. Rostliny s měkkými a šťavnatými stonky, které se tvoří a odumírají v jenom roce, jsou **byliny** a jejich stonek se nazývá **lodyha**. Bezlistá lodyha ukončená květem nebo květenstvím je **stvol**. Dutá článkovaná lodyha s plnými kolénky je **stéblo**. Rostliny se zdřevnatělými stonky jsou **dřeviny**. Dělí se na polokeře *(šalvěj, borůvka)*, keře a stromy. U dřevin je charakteristické zvětšování tloušťky jejich stonků. Nazývá se **druhotné** *(sekundární)* **tloustnutí** a zúčastňují se ho dva meristémy, kambium a felogen.

a) **Kambium** je druhotné dělivé pletivo, jehož činností se zakládají směrem dovnitř stonku dřevní části, směrem vně lýkové. Buňky kambia se nedělí po celý rok. Jeho dělivá činnost začíná na jaře, vznikající buňky jsou velké, tenkostěnné; tvoří **řídké dřevo**, později se vytvářejí buňky menší, tlustostěnné, tvořící hustší **letní dřevo**. Koncem srpna se v našich zeměpisných šířkách dřevo již nevytváří. Vrstvám vytvořeným za jeden rok se říká **letokruhy**. Jejich tloušťka závisí na teplotních a srážkových podmínkách. Podle letokruhů se určuje stáří dřeviny.



Příčný *(schematický)* **řez pětiletým kmenem**
1 – dřeň, 2 – kůra, 3 – epidermis, 4 – prvotní dřeňové paprsky, 5 – dřeňové paprsky spojující v cévních svazcích dřevo a lýko téhož stáří

b) **Felogen** je druhotné krycí pletivo *(korkotvorné)*. Zakládá se z parenchymatických buněk blízko pod povrchem stonku. Vně odděluje **vrstvy korku**, složeného z buněk dlaždicovitého tvaru. Při druhotném tloustnutí stonku pokožka praská a korek, nepropustný pro vodu a plyny, chrání vnitřek rostliny. Také korkové vrstvy se trhají. Proto felogen zastaví svou činnost a v hlubších vrstvách se zakládá felogen nový. Odumřelá vnější pletiva se odlučují jako **borka**. Protože korkovými pletivy by byl vnitřek rostliny úplně oddělen od vnějšího prostředí a znemožněna výměna plynů, jsou v korkovém pletivu **čočinky** *(lenticely)*, vyplněné odumřelými buňkami s velkými mezibuněčnými prostorami, umožňujícími výměnu plynů. Lenticely jsou patrné např. na větvičkách černého bezu, břízy aj.

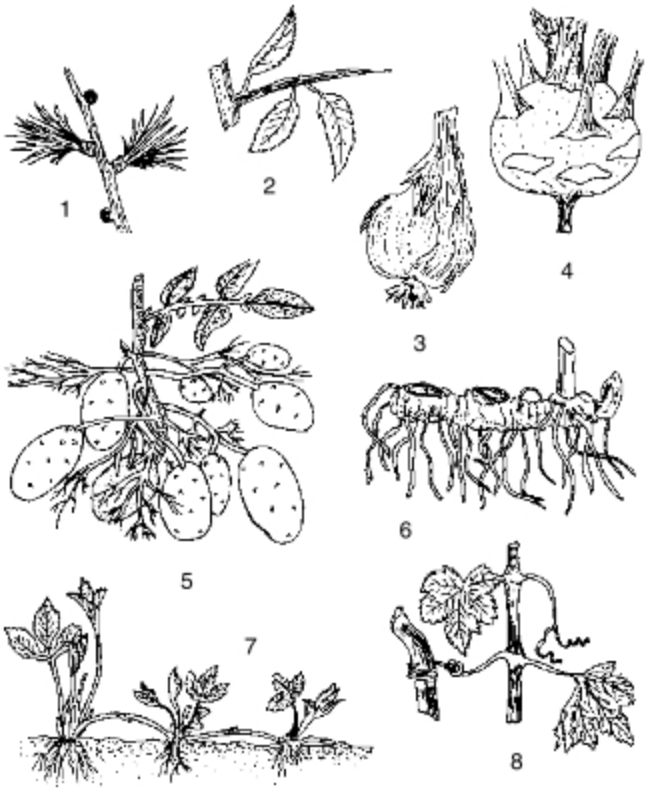


Řez čočinkou ***(lenticelou)***
1 – odumřelé buňky, 2 – pokožka s kutikulou, 3 – korkové vrstvy, 4 – parenchym, 5 – felogen

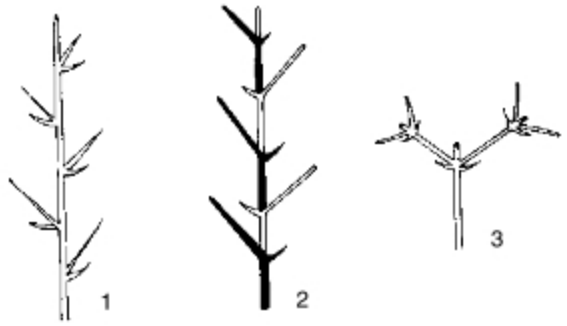
- **Přeměny** *(metamorfózy)* **stonku**

Stonek může mít různé funkce. U kaktusů stonky dužnatějí a jsou **zásobárnou vody**. Jsou přitom zelené a přejímají **asimilační funkci** listů, jež zakrněly. U modřínů jsou to malé, tupé **násadce** *(brachyblasty)* na větvích, nesoucích každoročně svazeček opadavých jehlic. U trnky, hlohu, plané hrušky a plané jabloně jsou mnohé větvičky vyvinuty jako **kolce** *(„trny“)*. Ztlustnutím stonku vznikají **stonkové hlízy** *(kedluben, šafrán)*, které jsou zásobními orgány. Většina vytrvalých bylin má **podzemní stonky – oddenky** *(kosatec, pýr)*, které místo listů mají šupiny. Oddenky vytrvávají v půdě přes zimu a na jaře vyhánějí z pupenů nové nadzemní části. Starší části oddenků odumírají. Jestliže se v oddencích ukládá větší množství zásobních látek, zduří a přemění se v **oddenkové hlízy** *(brambor)*. Stonky mohou být také přeměněny ve **šlahouny**, jimiž se rostlina rozmnožuje *(jahodník)*, nebo v **úponky**, umožňující popínání rostliny *(réva vinná)*.

Větvení stonku může být **vidličnaté**, vývojově původnější a méně časté, např. u jmelí, nebo **postranní** *(u většiny cévnatých rostlin)*. Nepřerůstají-li postranní větve, vyrůstající z úžlabních pupenů, hlavní stonek, označuje se takové větvení jako **monopodiální**. U **sympodiálního** větvení postranní stonek pokračuje ve směru původního stonku a přerůstá ho *(např. u révy vinné se hlavní stonek přeměňuje v úponky)*.



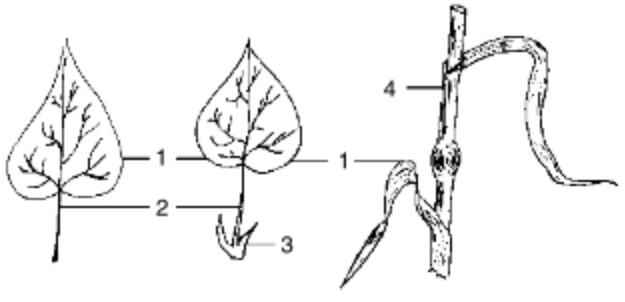
Metamorfózy stonku
1 – brachyblasty modřínu, 2 – trn trnky, 3 – stonková hlíza ocúnu, 4 – stonková hlíza kedlubnu, 5 – oddenkové hlízy bramboru, 6 – oddenek kokoříku, 7 – šlahouny u jahodníku, 8 – úponky u révy vinné



Větvení stonku
1 – monopodiální, 2 – sympodiální, 3 – vidličnaté

• LIST

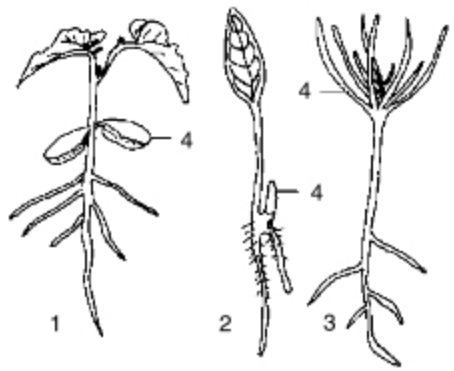
Je druhým orgánem prýtu. Je většinou plochý, rozčleněný na plochou **čepel** a stopkovitý **řapík**. Může být i bezřapíkatý, **přisedlý**. Někdy jeho spodní část vytváří **pochvu** *(u trav)*. Z části listu, přirůstající ke stonku, někdy vyrůstají párové **palisty**.



1 – čepel listová, 2 – řapík, 3 – palisty, 4 – pochva

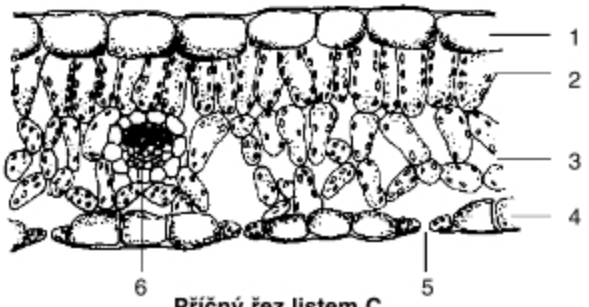
List podléhá ze všech orgánů rostlinného těla největším změnám. Prvními listy, které jsou vyvinuty již v semenu, jsou **dělohy**. U rostlin jednoděložných je děloha jedna, u dvouděložných dvě, u nahosemenných více. Listy vyrůstají v uzlinách a jsou na stonku zákonitě uspořádány. Je-li v uzlině jeden list, říkáme, že listy jsou uspořádány **střídavě**. Jsou-li v uzlině po dvou, jsou to **listy vstřícné**, vyrůstá-li z uzliny více listů, je to postavení **přeslenité**.

Vnitřní stavbu listu pozorujeme na příčném řezu. Na povrchu listu je **svrchní a spodní pokožka**. Pod svrchní pokožkou je **palisádový parenchym**, pod ním je **houbový parenchym** s velkými mezibuněčnými prostory. Soustava těchto prostor je prostřednictvím **průduchů** ve spodní pokožce spojena s vnějším prostředím. Z vodivých pletiv ve stonku odbočují do listů pruhy, které jako **žilnatina** prostupují celý list. Nevodí jen roztoky, ale svými mechanickými pletivy list také zpevňují. *(O stavbě – anatomii listu – více viz doplněk: Anatomie C_3 a C_4 listů.)*



Dělohy
1 – rostlina dvouděložná *(fazol)*,
2 – rostlina jednoděložná *(vraní oko)*,
3 – rostlina, nahosemenná *(smrk)*, 4 – dělohy

Postavení listu na stonku
1 – střídavé, 2 – vstřícné, 3 – přeslenité



Příčný řez listem C_3
1 – svrchní pokožka, 2 – palisádový parenchym, 3 – houbový parenchym, 4 – spodní pokožka, 5 – průduch, 6 – vodivý svazek cévní

Hlavní funkcí listů je syntéza organických látek *(asimilátů)*, odpařování vody *(transpirace)* a výměna plynů. Listy mohou vykonávat i jiné funkce. Někdy dužnatějí a jsou **zásobními orgány** *(cibule kuchyňská)*. Mají funkci **krycí** *(šupiny na oddencích a pupenech)*. Někdy jsou přeměněny v **trny** *(dřišťál)*, u jiných rostlin *(hrách, vikev)* jsou části listů přeměněny v **úponky**. U masožravých rostlin se mění v **lapací zařízení** *(láčkovka, bublinatka)* nebo jsou pokryty **lepkavými trichomy** *(rosnatka)*. U kvetoucích rostlin jsou listy přeměněny na **květy**, umožňující pohlavní rozmnožování.

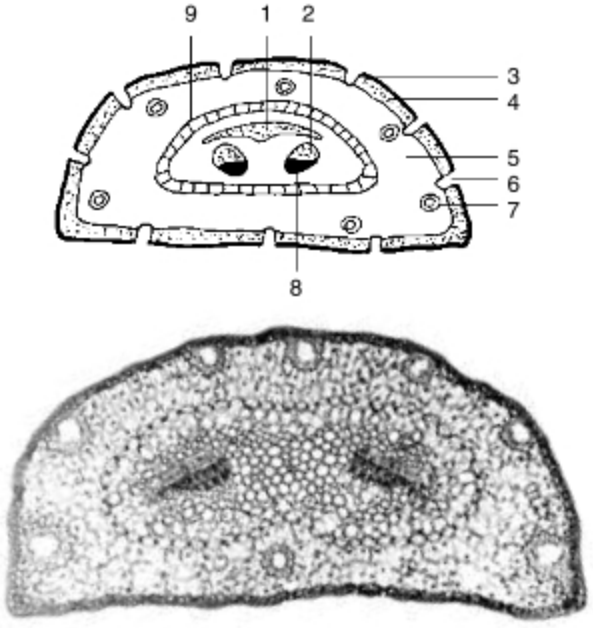
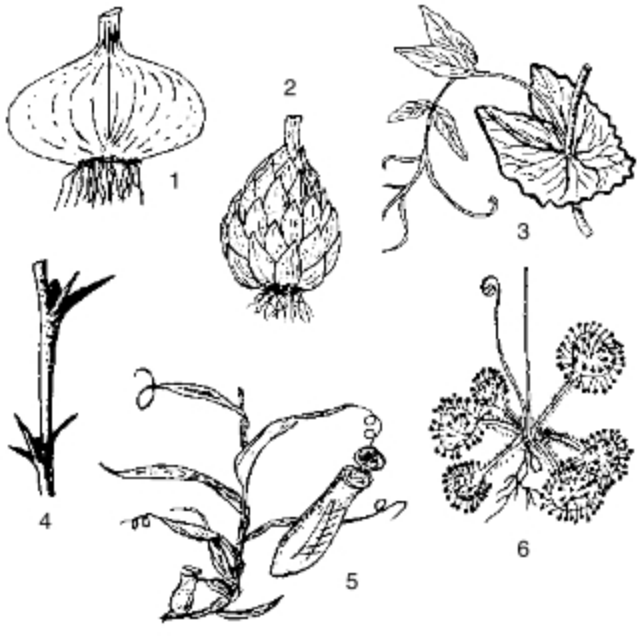


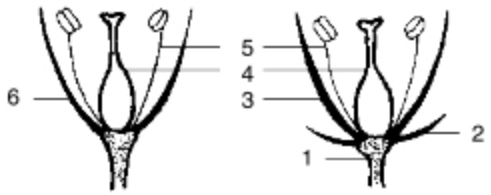
Schéma a mikrofoto příčného řezu jehlicí borovice
1 – sklerenchym, 2 – floem, 3 – pokožka, 4 – hypodermis, 5 – palisádový parenchym, 6 – průduch, 7 – pryskyřičný kanálek, 8 – xylem, 9 – endodermis



Metamorfózy listu
1 – cibule kuchyňská, 2 – cibule lilie, 3 – listový úponek hrachu, 4 – trny dřišťálu, 5 – konvice s víčkem u láčkovky, 6 – listy rosnatky se žláznatými trichomy

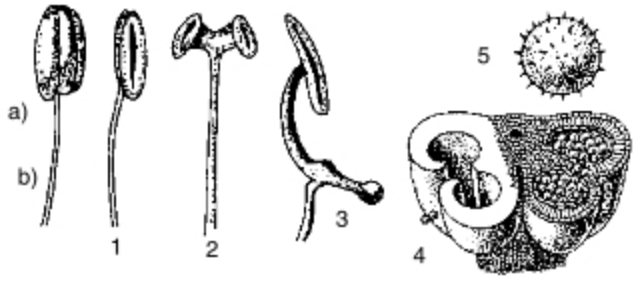
ROZMNOŽOVACÍ ORGÁNY SEMENNÝCH ROSTLIN

Květ je soubor přeměněných listů, přizpůsobených pohlavnímu rozmnožování rostliny. Hlavní části květu jsou **tyčinky** *(samčí pohlavní ústrojí)* a **plodolisty** *(samičí pohlavní ústrojí)*, které u krytosemenných rostlin srůstají a tvoří **pestík**. Pomocnou funkci květu mají **květní obaly**, které chrání tyčinky a pestíky před nepříznivými vlivy. Lístky květních obalů bývají rozlišeny ve vnější zelený **kalich** a vnitřní barevnou **korunu**. Nejsou-li květní obaly tvarově a barevně rozlišeny, nazýváme je **okvětí** *(např. u tulipánu)*. Části květu vyrůstají na **květním lůžku**.



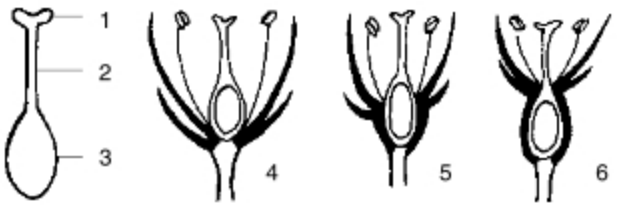
Části květu krytosemenné rostliny
1 – květní lůžko, 2 – kališní list, 3 – korunní list, 4 – pestík, 5 – tyčinka, 6 – okvětní list

• **Tyčinky** jsou zpravidla rozlišeny v nitku a prašník. Prašník je složen ze dvou **prašných váčků**. V nich se tvoří **pylová zrna**, obsahující samčí pohlavní buňky. Prašné váčky se otevírají nejčastěji podélnou skulinou.



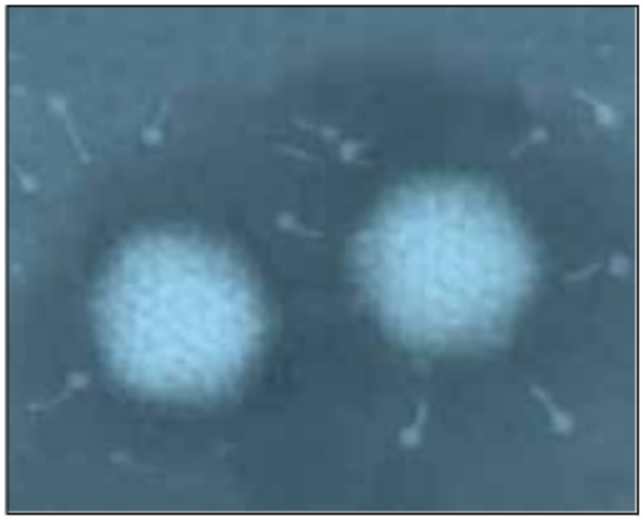
Tyčinky
a) – prašník, b) – nitka
1 – pohled ze strany, 2 – tyčinky mateřídoušky, 3 – tyčinka šalvěje, 4 – řez prašnými váčky, 5 – pylové zrno

• **Plodolisty** u nahosemenných rostlin jsou ploché a nesou na svém povrchu vajíčka. U krytosemenných rostlin plodolisty srůstají svými okraji v dutý pestík, rozlišený v část dolní – **semeník**, v část střední – **čnělku** a v část horní – **bliznu**. V semeníku jsou ukryta **vajíčka** obsahující samičí pohlavní buňky. Podle polohy semeníku vzhledem ke květnímu lůžku rozlišujeme semeník svrchní, polospodní a spodní.

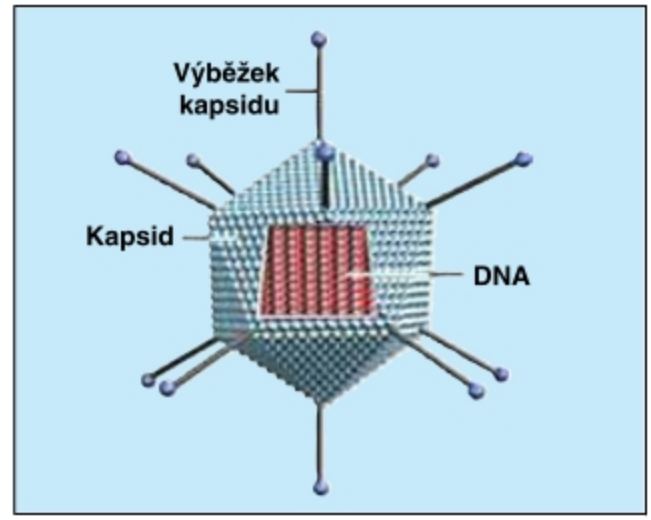


1 – blizna, 2 – čnělka, 3 – semeník, 4 – semeník svrchní, 5 – semeník polospodní, 6 – semeník spodní

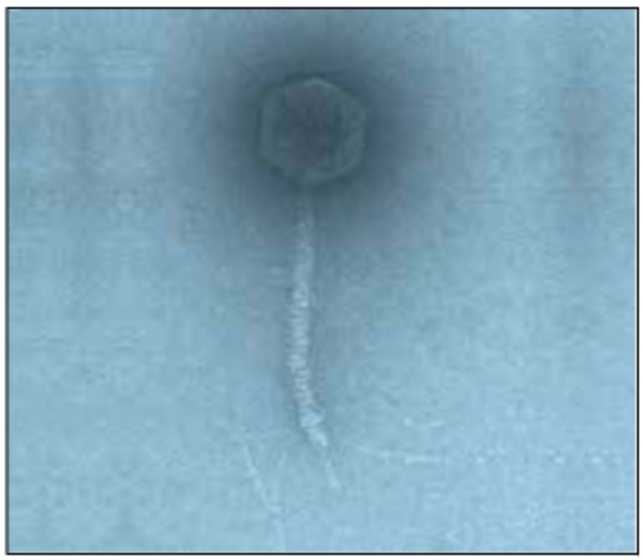
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: MIKROSNÍMKY PROKARYOT, ROSTLINNÝCH PLETIV A ŘAS



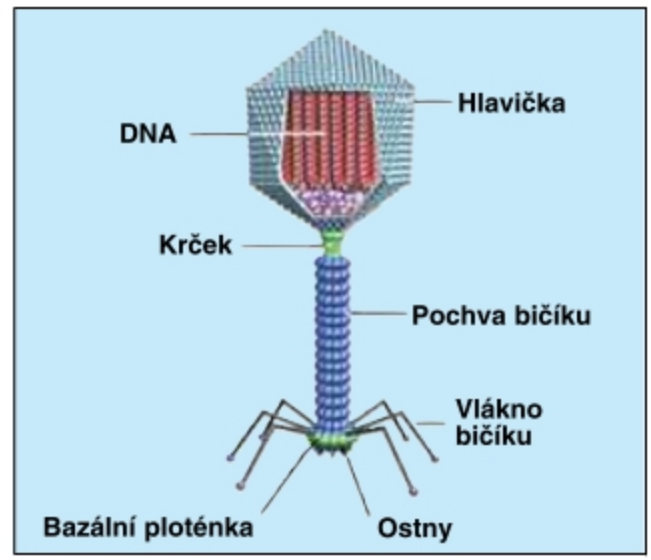
Živočišný virion ***(Adenovirus)*** v elektronovém mikroskopu.



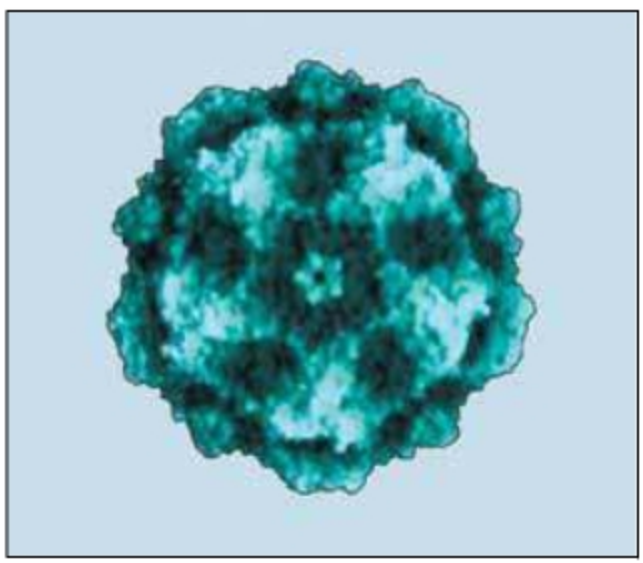
Model dvacetistěnového kapsidu virionu tvořeného kulovitými kapsomerami.



Bakteriofág v elektronovém mikroskopu.

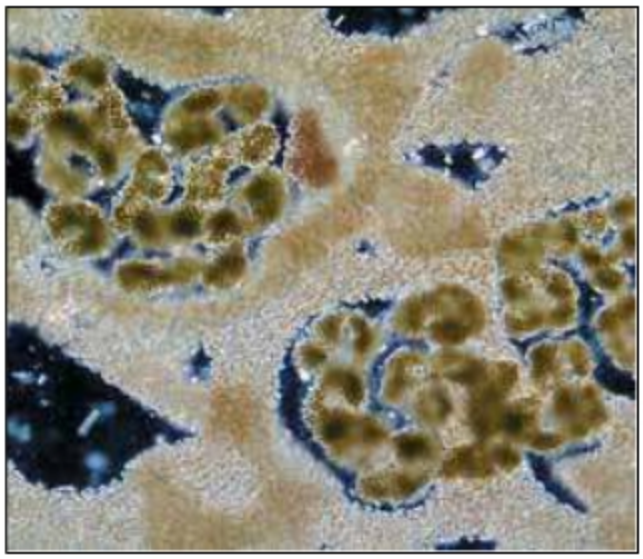


Model virionu bakteriofága.



Virion ***(Parvovirus)*** v elektronovém mikroskopu.

Střevní bakterie ***(Escherichia coli)*** v elektronovém mikroskopu.

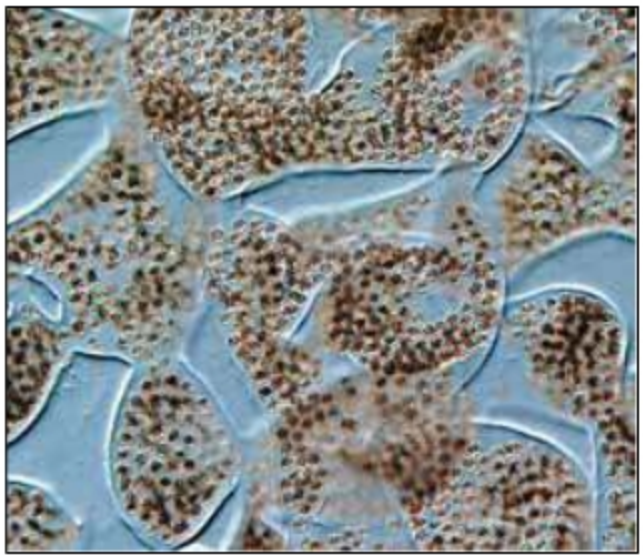


Jedna z nejčastějších sinic vytvářejících vodní květ **(*Microcystis aeruginosa)***.

Detail ***Microcystis aeruginosa (zvětšeno 400x)***.

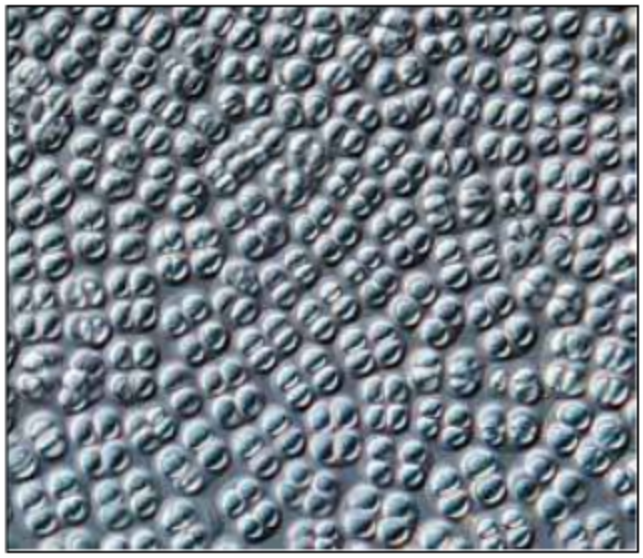
Mnohobuněčná vláknitá sinice ***(Gloeotrichia echinulata)***.

Spirálně vinutá vlákna sinice ***(Anabaena crassa)*** tvořící součást vodního květu.

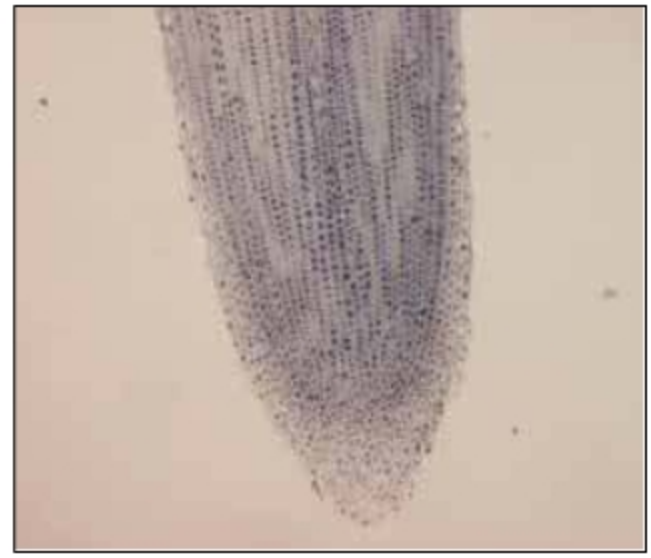


Sinice ***(Microcystis wesenbergii)*** tvořící součást vodního květu.

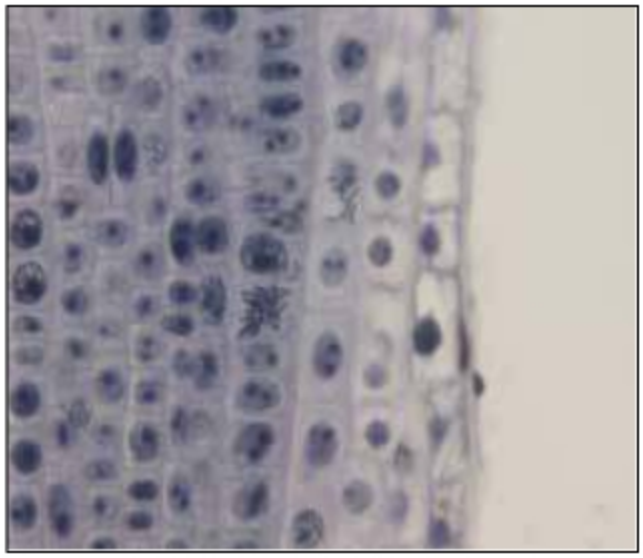
Spirálně smotané vlákno sinice ***(Anabaena mendote)***.



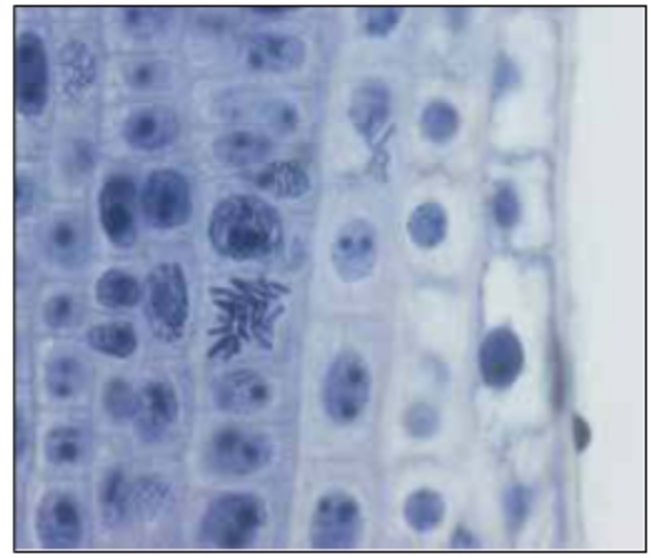
Dělící se buňky sinice rodu ***Chroococcus*** s výrazným slizovým obalem.



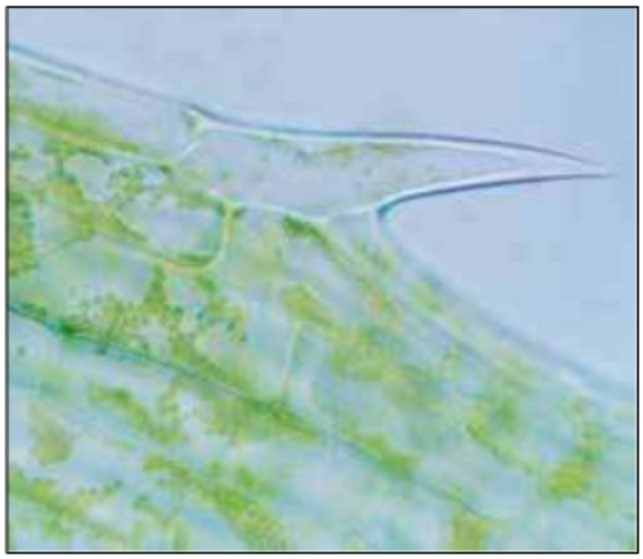
Kořenová špička ***(hrách)*** chráněná kořenovou čepičkou.



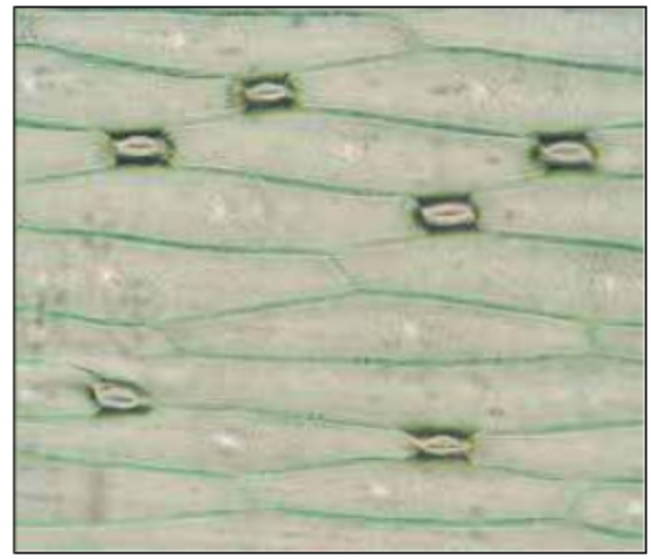
Jaderné a buněčné dělení ***(mitóza)*** v dělivém pletivu ***(meristém)*** kořenové špičky ***(hrách)***.



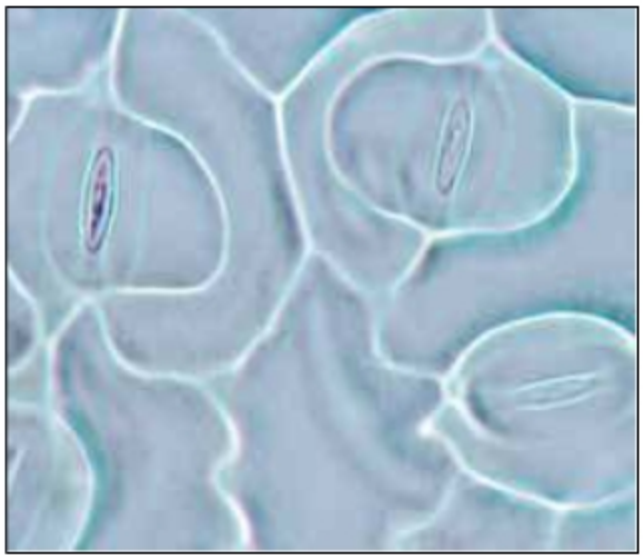
Fáze jaderného a buněčného dělení ***(zvětšeno 600x)***.



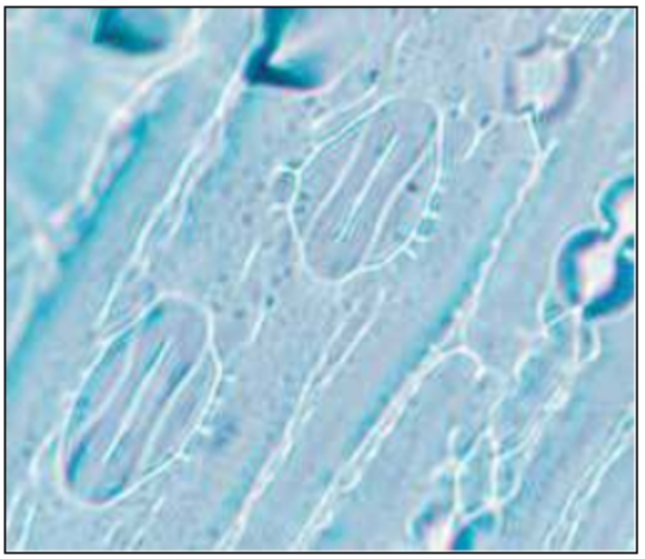
Chloroplasty v buňkách ***(vodní mor kanadský)***.



Pokožkové buňky s průduchy ***(kosatec)***.



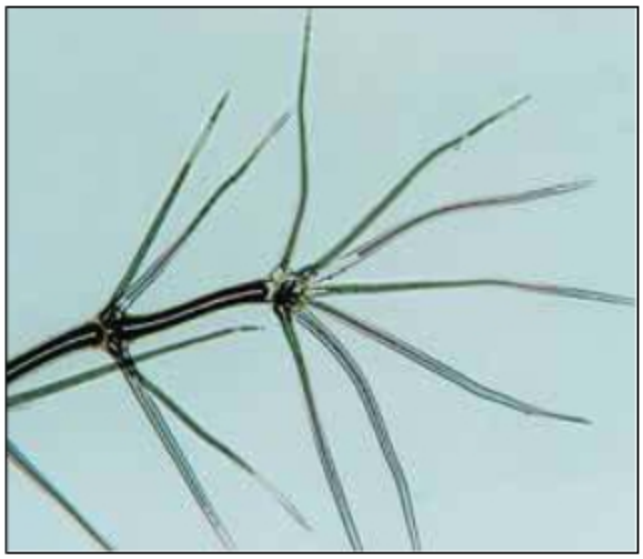
Pokožkové buňky s průduchy ***(magnolie)***.



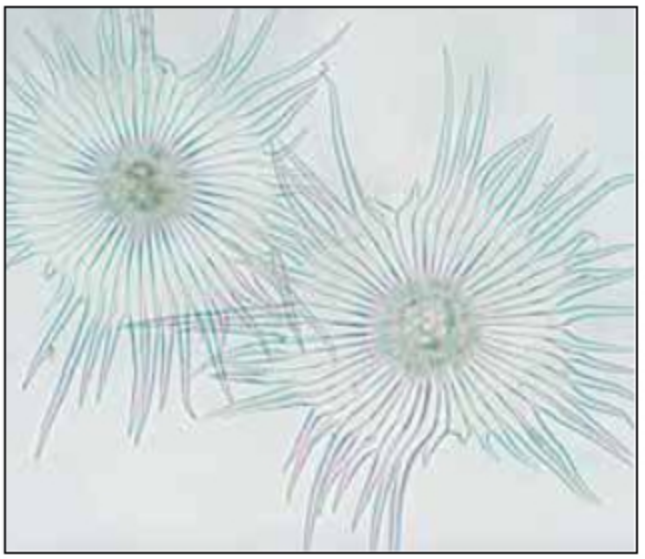
Typ průduchů u listů tráv ***(bezkolenec)***.

Chlup v pokožce listu ***(kakost)***.

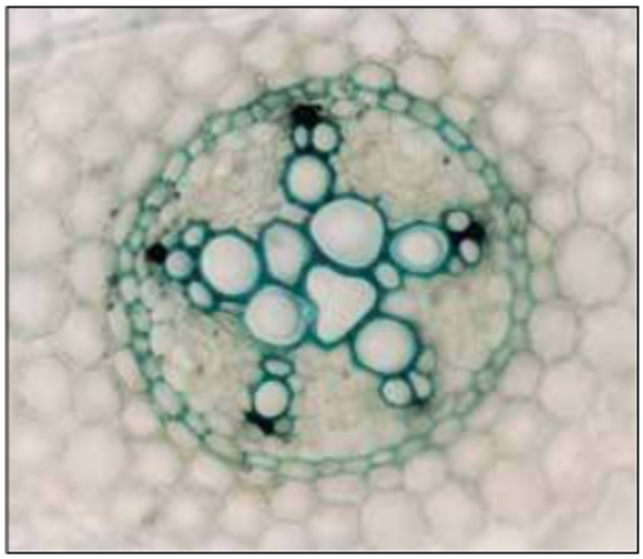
Žláznatý chlup ***(locika)***.



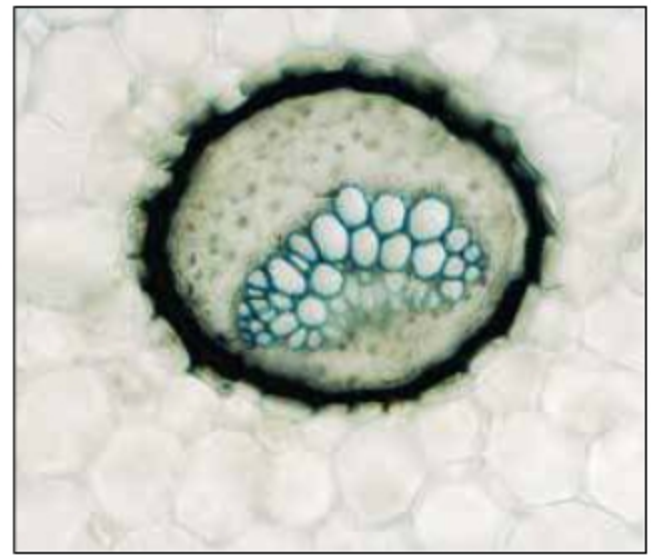
Rozvětvený chlup ***(divizna)***.



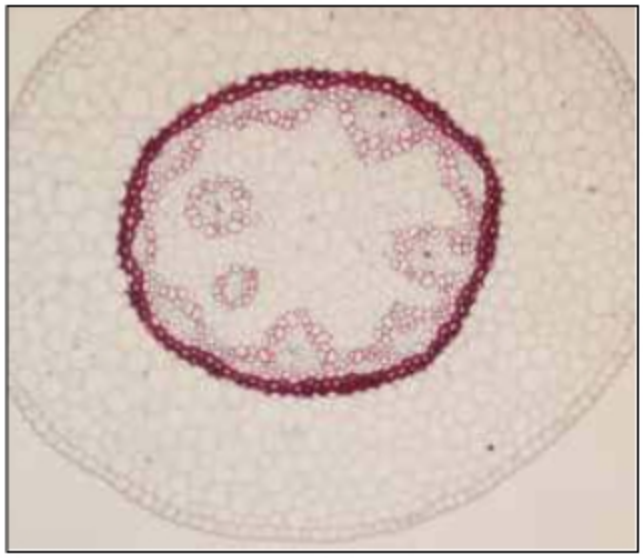
Hvězdicovité chlupy ***(hlošina)***.



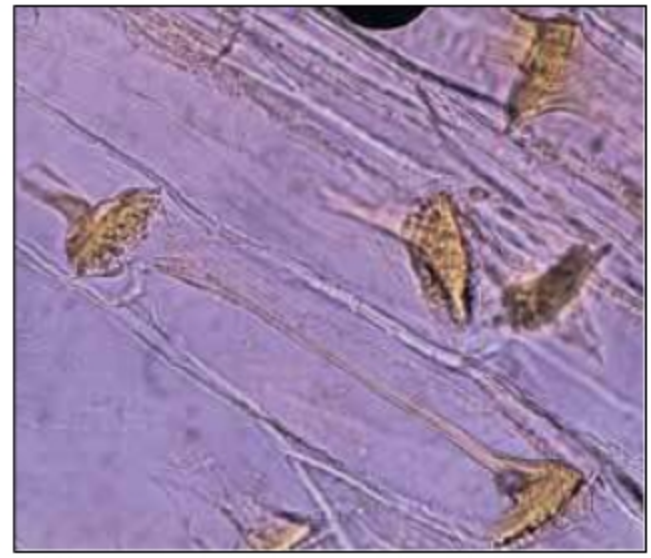
Radiální svazek cévní. Příčný řez kořenem ***(blatouch)***.



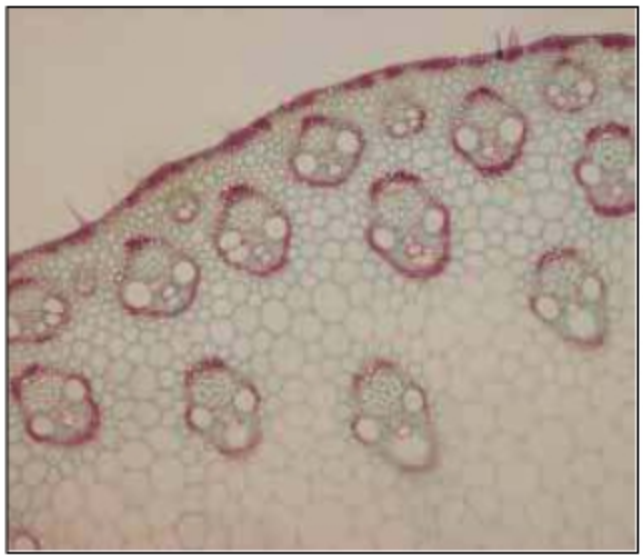
Dřevostředný ***(hadrocentrický)*** svazek cévní. Příčný řez oddenkem ***(kapraď samec)***.



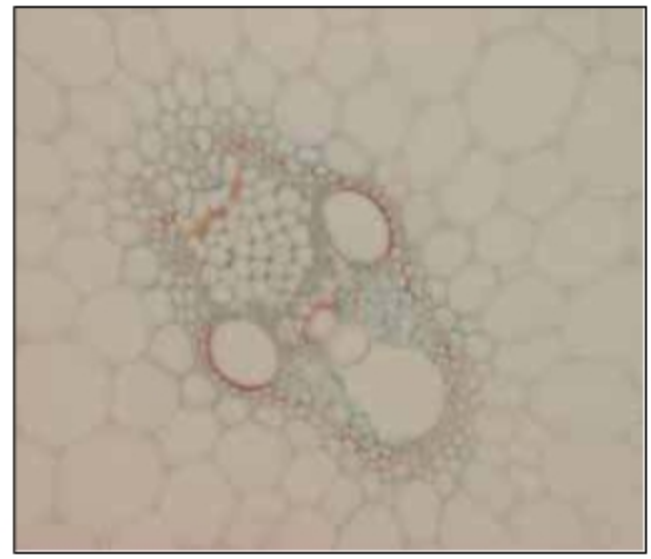
Příčný řez kořenem ***(konvalinka)***.



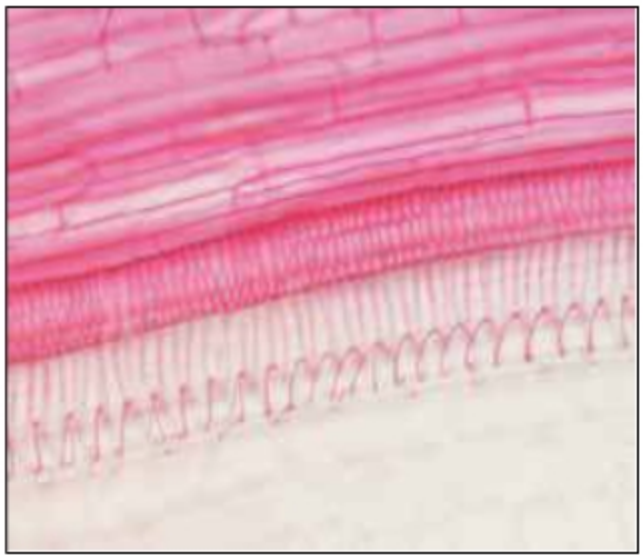
Podélný řez sítkovicí ***(tykev)***.



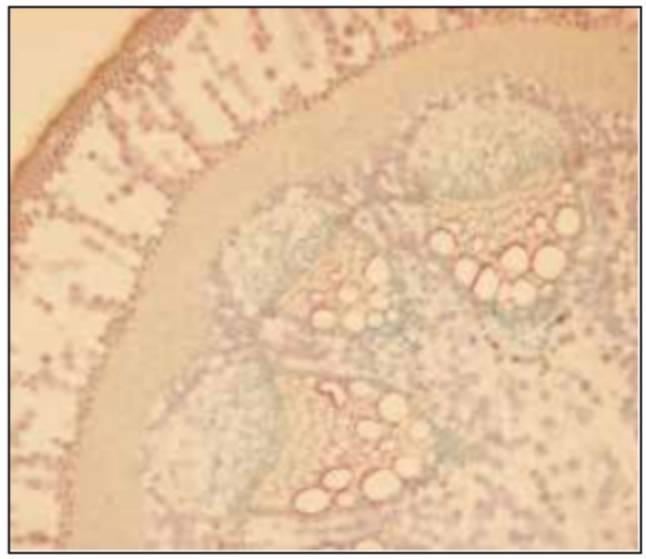
Příčný řez stonkem jednoděložné rostliny ***(kukuřice)***.



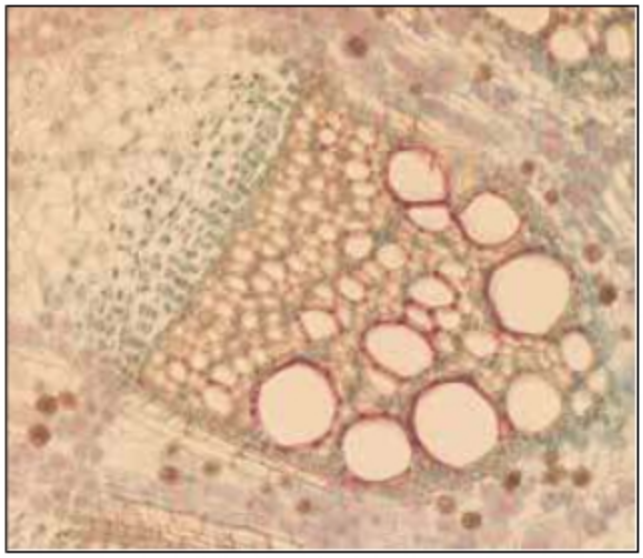
Příčný řez bočným uzavřeným svazkem cévním ***(kukuřice)***.



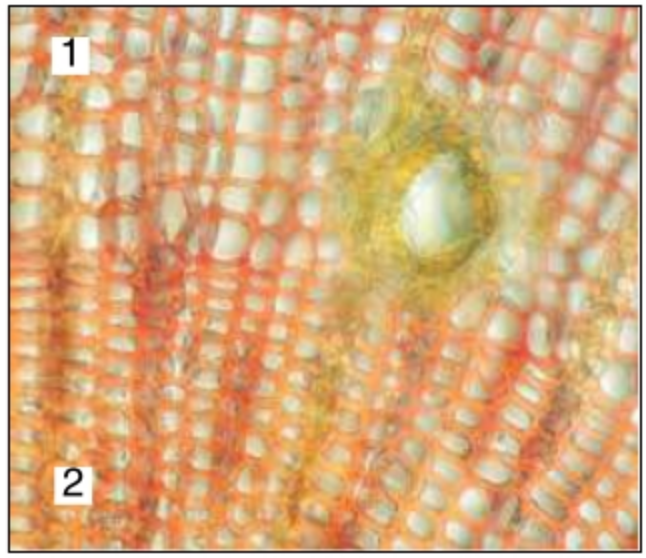
Podélný řez cévním svazkem ***(kukuřice)*** s charakteristicky ztloustlými stěnami cév.



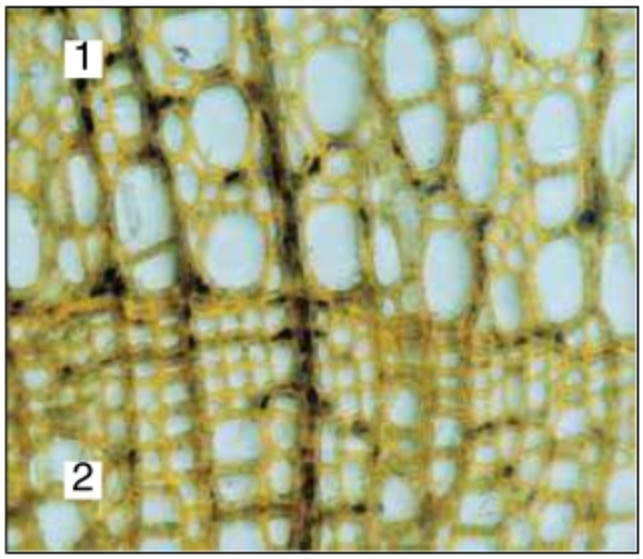
Příčný řez stonkem dvouděložné rostliny ***(jetel)***.



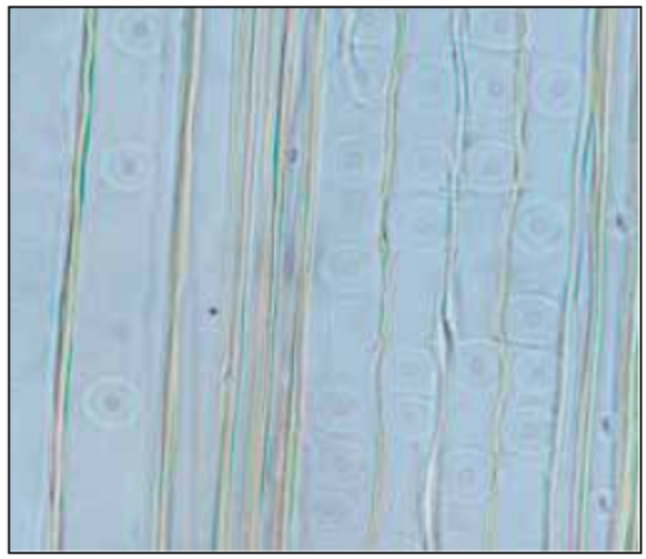
Příčný řez bočným otevřeným svazkem cévním ***(jetel)***. Mezi dřevní a lýkovou částí je patrné kambium.



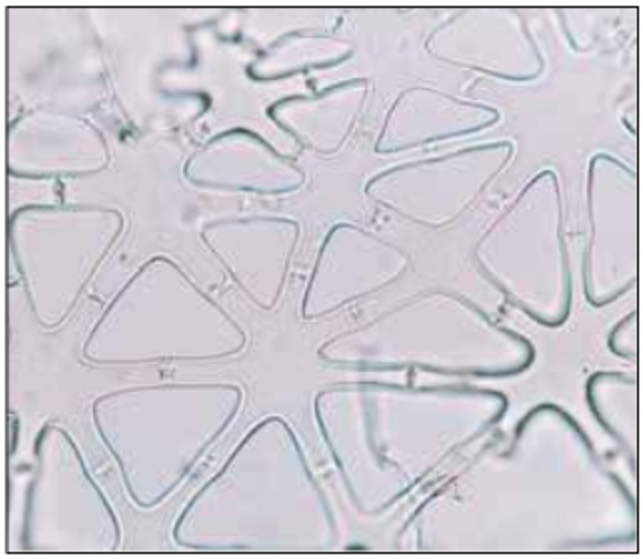
Řez dřevem jehličnanu ***(borovice)***. Mezi buňkami je patrný pryskyřičný kanálek 1 – jarní dřevo, 2 – letní dřevo.



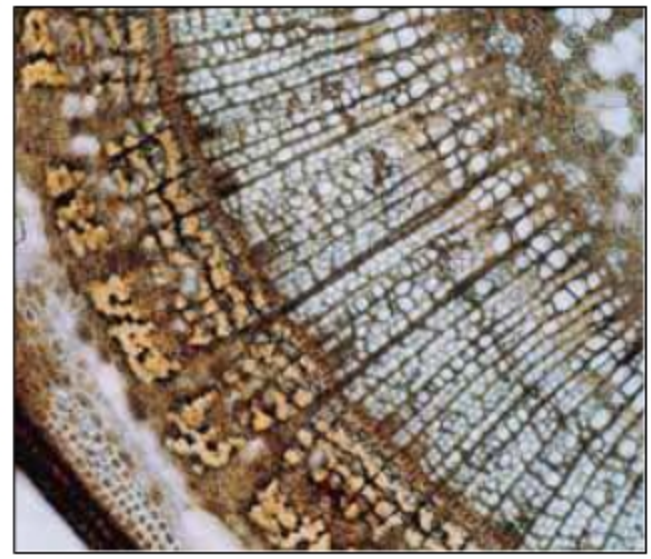
Řez dřevem listnáče ***(lípa)***. 1 – jarní dřevo, 2 – letní dřevo



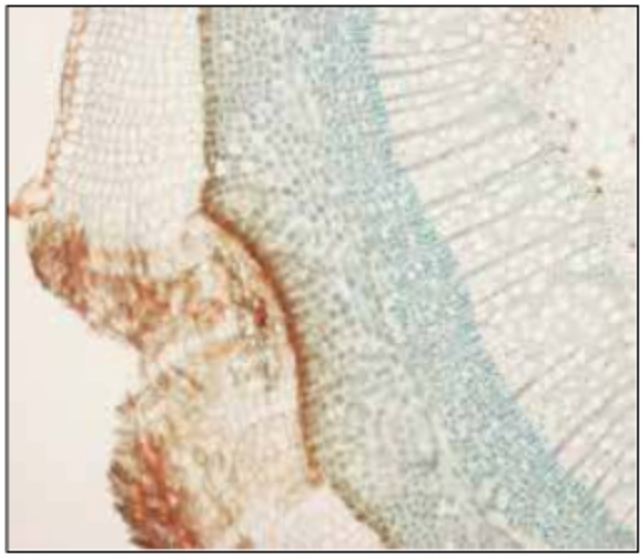
Dvůrkaté tečky ve stěnách tracheid ***(borovice)***. Tečky umožňují pohyb látek mezi buňkami se ztloustlými stěnami



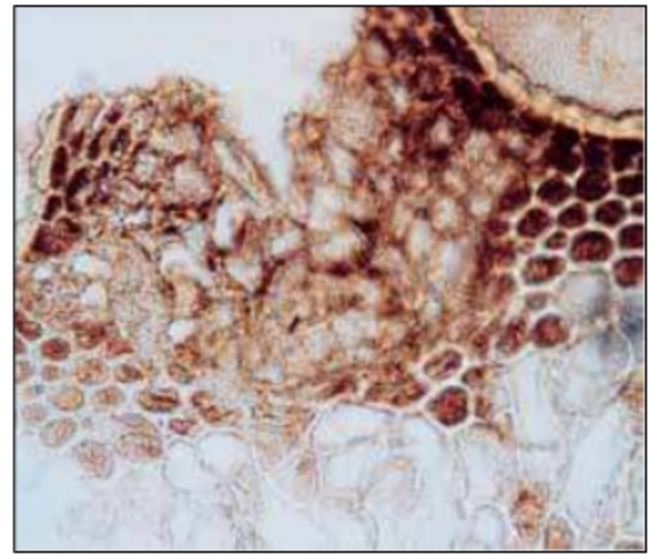
Vzdušné pletivo ve stonku ***(sítina)***, příčný řez.



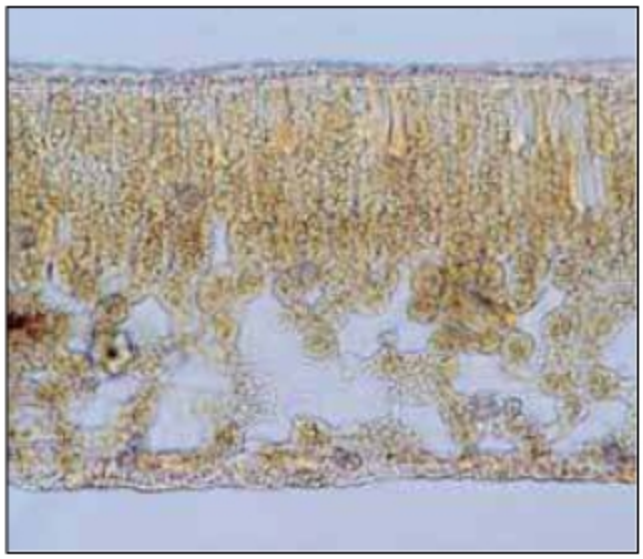
Příčný řez tříletou větvičkou ***(lípa)***.



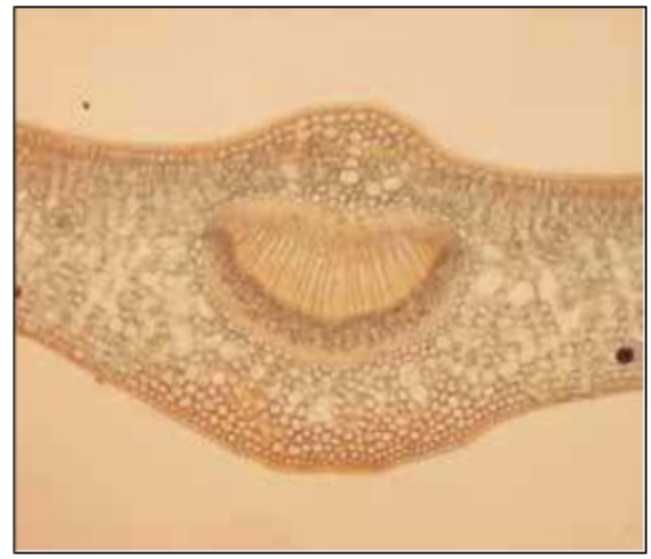
Příčný řez větvičkou ***(bez černý)*** s čočinkou.



Řez čočinkou ***(lípa)***, detail.



Příčný řez listem C3 rostliny ***(břečťan)***.

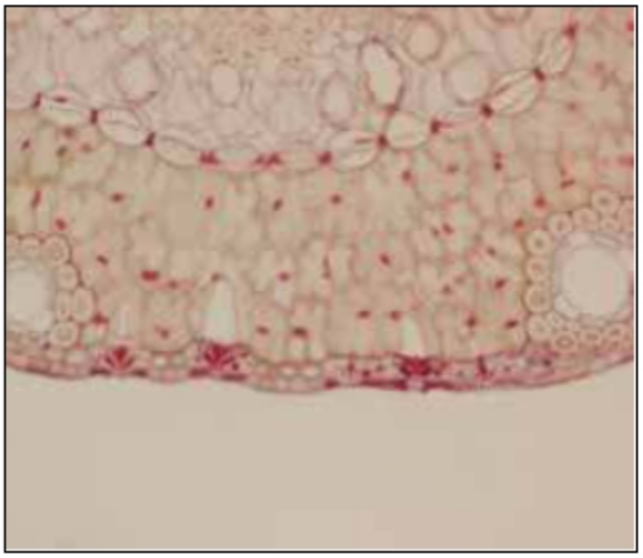


Příčný řez střední částí listu C3 rostliny ***(kamélie)***.

Příčný řez listem rostliny C4 ***(proso)***.

Detail svazku cévního rostliny C4 ***(proso)***.

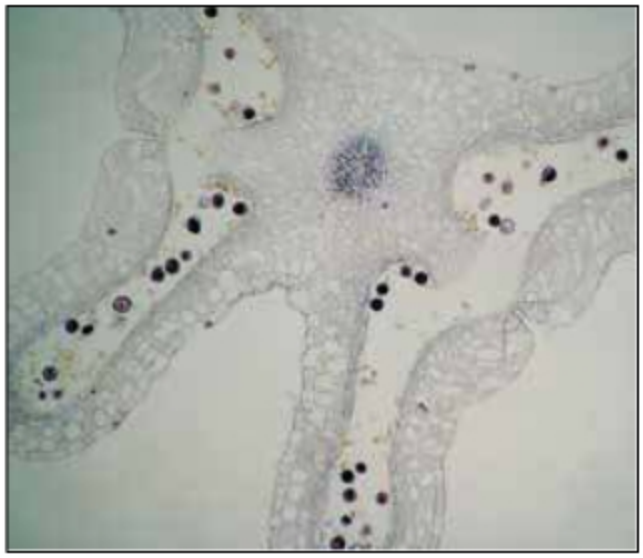
Příčný řez jehlicí ***(borovice)***.



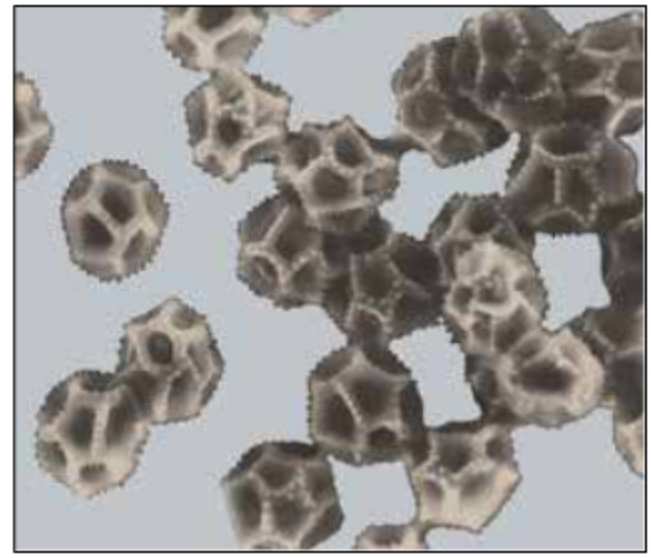
Příčný řez jehlicí ***(borovice) (zvětšeno 200x)***.

Příčný řez jehlicí ***(borovice)*** detail průduchu ***(zvětšeno 600x)***.

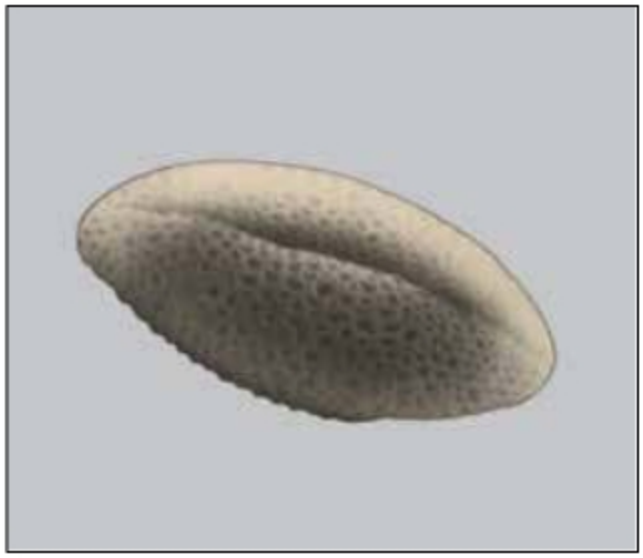
Pylová zrna se vzdušnými vaky ***(borovice)***.



Příčný řez prašníkem ***(tulipán)***.



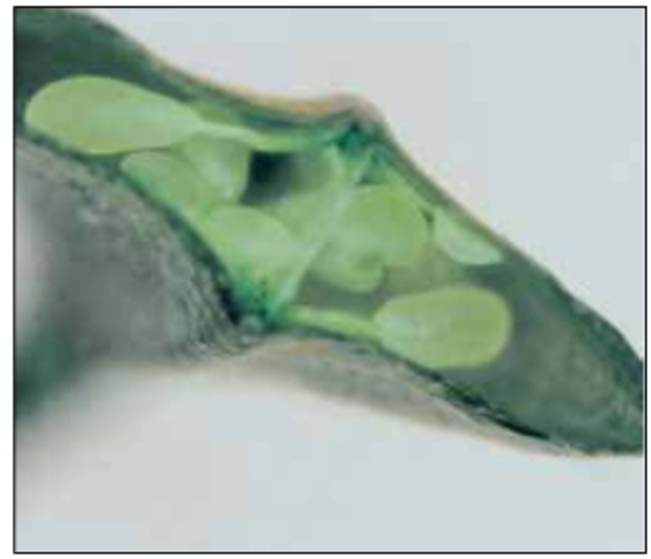
Pylová zrna ***(lociika kompasová)***.



Pylové zrno ***(řepka olejka)***.

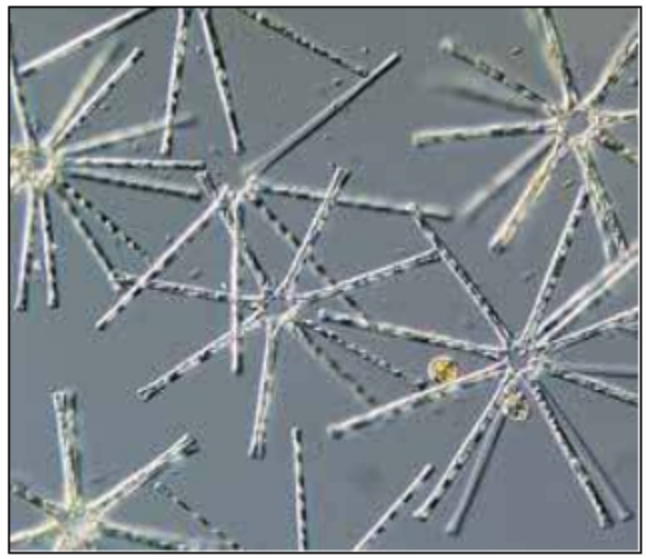
Pylová zrna zachycená na blizně.

Příčný řez semenikem ***(tulipán)***.

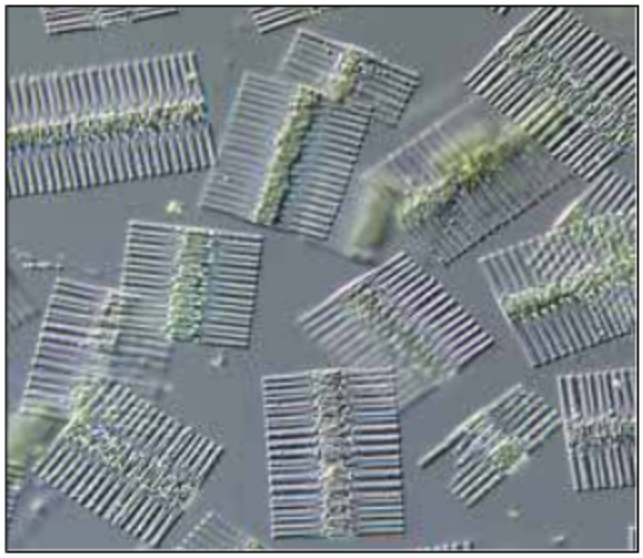


Příčný řez mladou šešulkou ***(kokoška pastuší tobolka)***.

Zárodek v obilce pšenice: 1 – základ kořínku, 2 – děloha, 3 – vzrostný vrchol, 4 – listy, 5 – blanitá pochva.



Hvězdicovité kolonie rozsivky ***(Asterionella formosa)***.



Koloniální planktonní rozsivka ***(Fragilaria crotonensis)***.

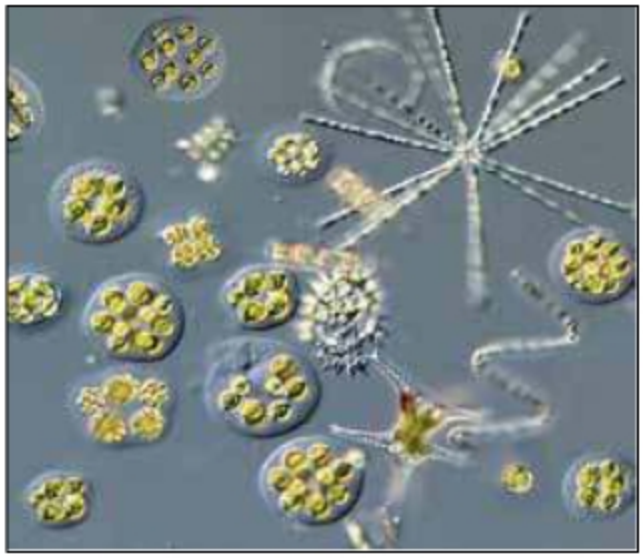
Bičíkaté řasy rodu ***Trachelomonas*** patřící mezi krásnoočka.

Planktonní jednobuněčná krásivka rodu ***Closterium***.

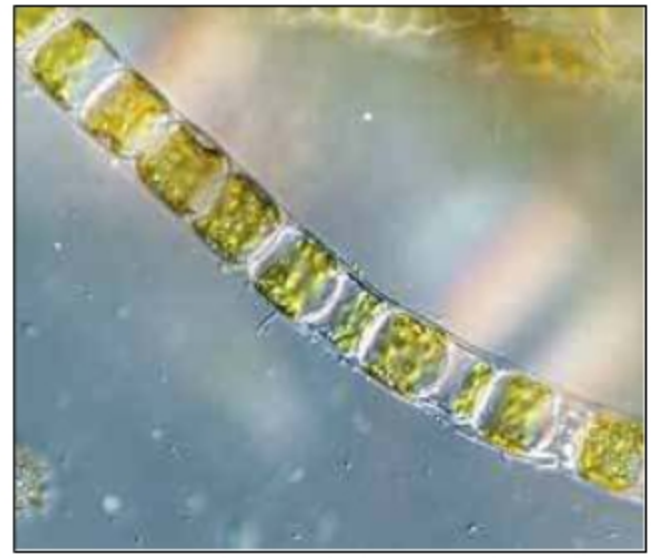
Několik zástupců bičíkatých řas patřících mezi krásnoočka.

Mnohobuněčná bičíkatá řasa ***(Volvox aureus)***.

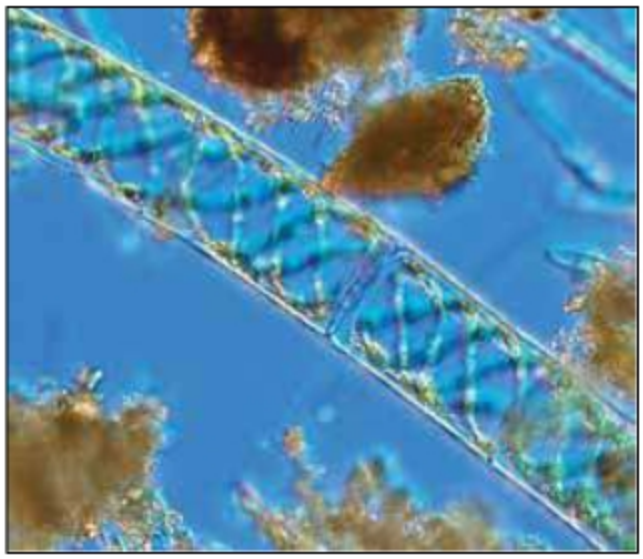
Hvězdicovitá cenobia zelené řasy ***(Pediastrum simplex)***.



Kolonie planktonní zelené řasy ***(Planktosphaeria gelatinosa)*** s jasně patrným slizovým obalem.

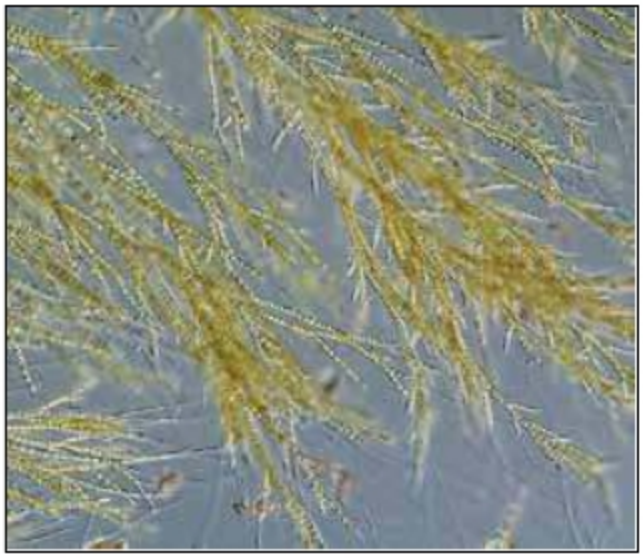


Vláknitá řasa rodu ***Ulothrix***.

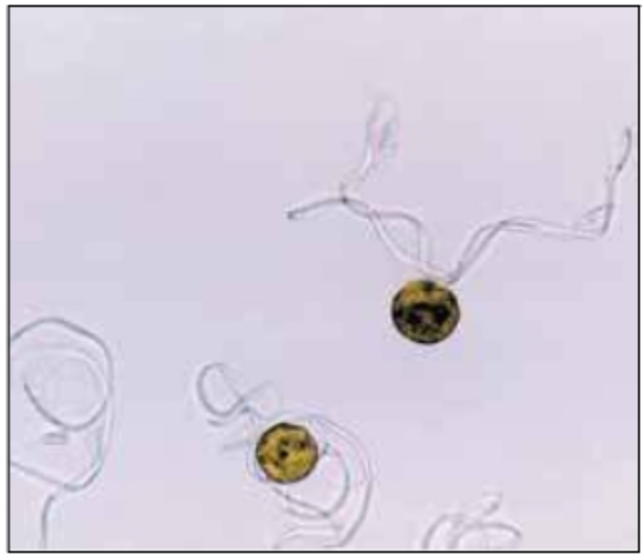


Vláknitá řasa ***Spirogyra*** se spirálně uloženým chloroplastem.

Kolonie zelené bičíkaté řasy ***(Eudorina elegans)***.

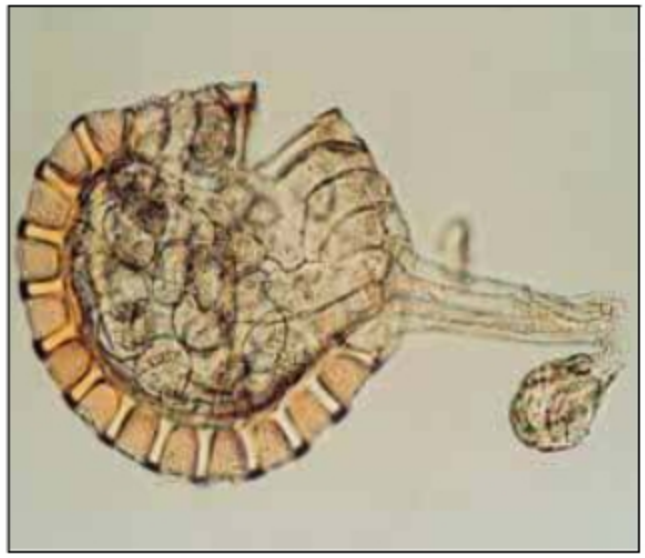


Rozvětvená vláknitá řasa ***(Stigeoclonium)*** žijící přisedle na kamenech.

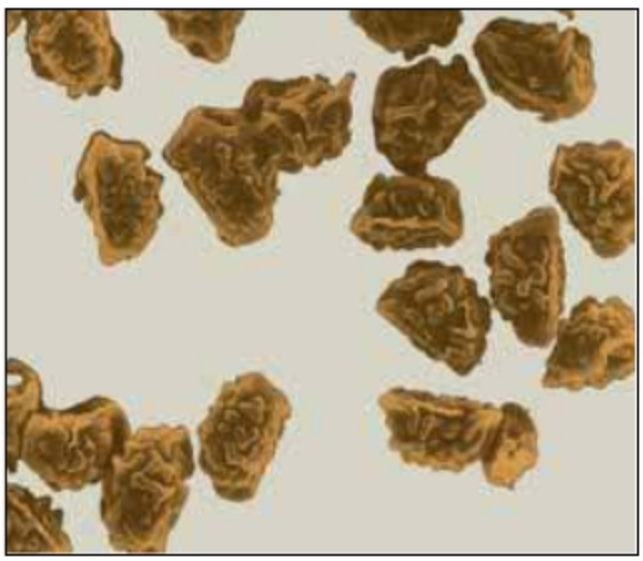


Výtrusy přesličky se čtyřmi vláhojevnými pentlicemi ***(hapterami)***.

Kupky výtrusnic chráněných blanitou ostěrou ***(kapraď samec)***.



Otevřená výtrusnice ***(kapraď samec)***.

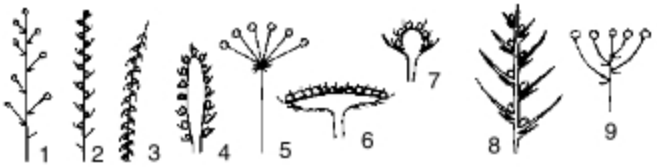


Výtrusy kapradě samce.

Klíčící výtrusy kapradě samce.

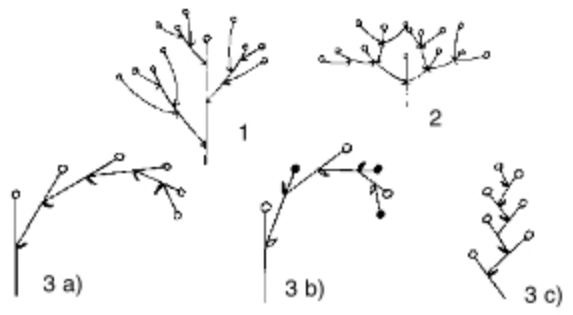
Rostliny, které mají tyčinky i plodolisty v květu pospolu, jsou **oboupohlavné**. Mají-li v květu jen tyčinky nebo jen plodolisty, jsou **jednopohlavné**, a to buď prašníkové *(samčí)* nebo pestíkové *(samičí)*. Vyrůstají-li samčí i samičí květy na jednom rostlinném jedinci, označujeme tyto rostliny jako **jednodomé** *(líska, kukuřice)*. Vyrůstají-li na rostlině téhož druhu pouze květy samčí nebo pouze samičí, jsou to **rostliny dvoudomé** *(chmel, kopřiva)*. Květy často popisujeme pomocí **květních vzorců** *(viz doplněk str. 74)* a **květních diagramů** *(viz doplněk str. 74)*. Květy vyrůstají na stonku zřídka jednotlivě *(tulipán, narcis)*. Častěji jsou na rozvětveném stonku seskupeny podle určitých pravidel. Tvoří soubory zvané **květenství**. Rozlišujeme **květenství jednoduchá** *(hroznovitá, vrcholičnatá)* a **složená**.

• **Hroznovitá květenství** jsou taková, v nichž postranní stonky nepřerůstají stonek hlavní. Rozkvétají zdola nahoru nebo od obvodu ke středu, takže vrcholový nebo středový květ jsou nejmladší. Řadíme sem hrozen, klas, jehnědu, palici, okolík, úbor, strboul, šišku a chocholík.



1 – hrozen, 2 – klas, 3 – jehněda, 4 – palice, 5 – okolík, 6 – úbor, 7 – strboul *(hlávka)*, 8 – šiška, 9 – chocholík

• **Vrcholičnatá květenství**. U těchto květenství postranní stonky přerůstají stonek hlavní. Ten zastavuje růst a zůstává zkrácen. Řadíme sem vrcholík mnohoramenný, vidlan a vrcholík jednoramenný *(od kterého se odvozují srpek, vějířek a vijan)*.



1 – vrcholík mnohoramenný, 2 – vidlan, 3 – jednoramenné vrcholíky
a) srpek *(mečík)*, b) vijan *(pomněnka)*, c) vějířek *(kosatec)*

• **Složená květenství** mohou vznikat kombinací dvou stejných typů květenství, tzv. **homotaktická květenství**. Sem patří **lata** složená z hroznů *(réva vinná)*, **klas** z **klásků** *(pýr)* a **okolík** z **okolíků** *(mrkev, kmín)*.

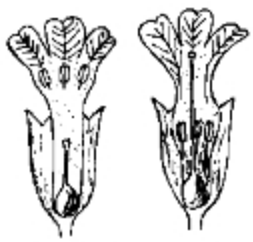
1 – lata z hroznů,
2 – složený klas,
3 – složený okolík

• Kombinací květenství různých typů vznikají květenství **heterotaktická**. Např. hrozen z vijanů *(jírovec maďal)*.

Hrozen z vijanů
(schéma květu jírovce)

• **OPYLENÍ A OPLOZENÍ**

Opylením označujeme přenesení pylového zrna na samičí část květu. Pyl může být přenášen větrem u rostlin **anemofilních**, hmyzem u rostlin **entomofilních**, zřídka též vodou u rostlin **hydrofilních**. Oplozením označujeme splynutí samčí haploidní **spermatické buňky** se samičí haploidní pohlavní buňkou ***(oosférou)*** za vzniku diploidní **zygoty**. K oplození dochází zpravidla po sprášení pylem z jiného květu rostliny téhož druhu. Takové opylení označujeme jako **cizosprašnost *(allogamii)***. Sprášení pylem z téhož květu se označuje jako **samoopylení *(autogamie)***. Samoopylení se neuskuteční často proto, že pestík a tyčinky v témže květu dozrávají v různou dobu. Jestliže dozrávají dříve tyčinky, jde o **prvoprašnost – proterandrii**. Je-li tomu naopak, jde o **prvobliznost – proterogynii**. Podobně sprášení vlastním pylem brání u některých květů opylovaných hmyzem **různočnělečnost – heterostylie** *(např. u prvosenky)*.



Různočnělečnost v květech prvosenky

• **PLODY A JEJICH ROZDĚLENÍ**

Oplozené vajíčko se změní v **semeno**. Současně se spolu s ním mění i jiné části květu *(květní lůžko, semeník)* v **plod**. Hlavní funkcí plodu je ochrana semena a jeho vyživování, případně i rozšiřování.

PRAVÉ PLODY

Vznikají pouze z pestíku a jsou považovány za vývojově původnější. Přeměnou plodolistu vzniká okolo semena **oplodí** *(perikarp)*, jež může být suché nebo dužnaté.

Pravé pukavé plody bývají nejčastěji vícesemenné. V době zralosti se otevírají *(pukají)* a semena se uvolňují. Patří mezi ně:

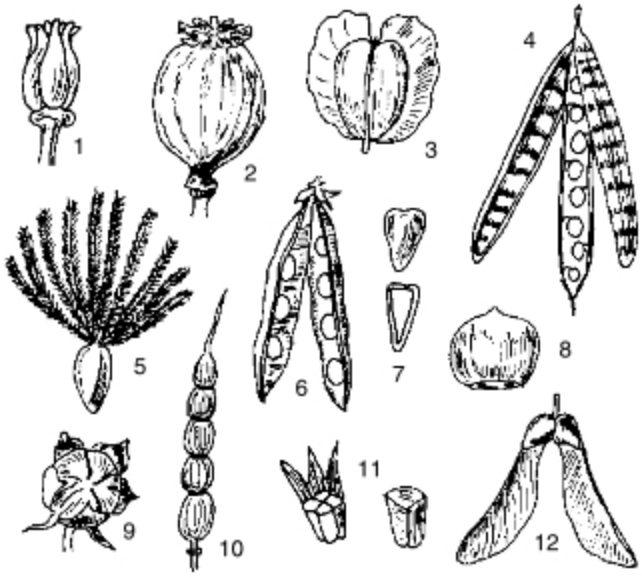
– **měchýřek**, jednoplodolistový plod, otevírající se štěrbinou *(blatouch, pivoňka)*;
– **lusk**, jednoplodolistový plod, otevírající se dvěma chlopněmi od vrcholu *(hrách)*;
– **tobolka**, víceplodolistový plod, otevírající se různě; víčkem *(jitrocel)*, děrami *(mák)*, zuby *(prvosenka)* atp.;
– **šešule**, ze dvou plodolistů, otevírá se ve švech dvěma chlopněmi, které jsou na rámečku, v němž je blanitá přepážka. Na rámečku jsou při obou okrajích poutkem připevněna semena *(hořčice)*;
– **šešulka** je zkrácená šešule *(penízek rolní, měsíčnice)*.

Pravé nepukavé plody se v době zralosti neotevírají, oddělují se od rostliny celé. Patří sem:

– **nažka**, jednoplodolistový plod s blanitým nebo kožovitým oplodím, těsně přiléhajícím k semeni *(pampeliška, lopuch)*;
– **oříšek**, víceplodolistový plod s tvrdým oplodím, které objímá semeno jen volně *(líska)*;
– **obilka**, jednoplodolistová, osemení a oplodí spolu srůstají *(trávy)*.

Dále sem patří **plody rozpadavé *(poltivé)***. Jejich oplodí se v době zralosti rozpadá na jednosemenné díly. Patří sem:

– **struk**, dvouplodolistový *(ohnice)*, nebo jednoplodolistový *(čičorka)*;
– **tvrdka**, dvouplodolistová, poltí se ve čtyři jednosemenné díly *(hluchavka)*;
– **dvojnažka**, dvouplodolistová, poltí se na dva jednosemenné díly *(javor)*;
– **diskový plod**, víceplodolistový *(sléz)*.



Pravé plody
1 – měchýřek, 2 – tobolka, 3 – šešulka, 4 – šešule, 5 – nažka pcháče, 6 – lusk, 7 – nažka, 8 – oříšek, 9 – diskový plod, 10 – struk, 11 – tvrdka, 12 – dvojnažka

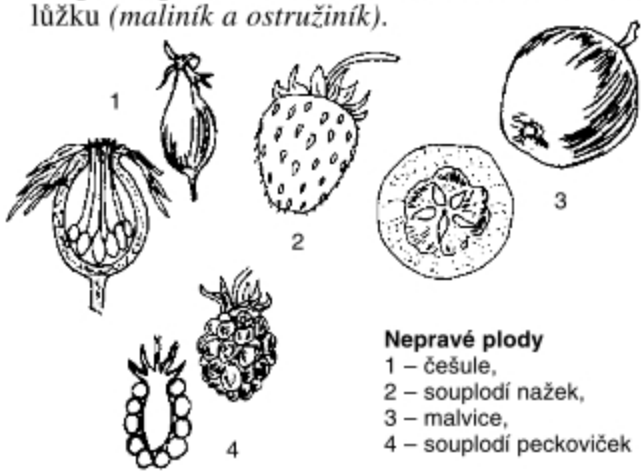
Pravé dužnaté plody mají oplodí rozlišené na vnější blanitý **exokarp**, střední dužnatý až šťavnatý **mezokarp** a vnitřní **endokarp**, který někdy chybí. Patří sem:

– **bobule** *(réva vinná, tykev, rajče, okurka, angrešt)*;
– **peckovice**, endokarp je tvrdý, sklerenchymatický *(třešeň)*.

NEPRAVÉ PLODY

Na jejich vzniku se podílí kromě pestíku i jiné části květu. Patří sem:

– **češule**, vzniká srůstem květního lůžka se spodními částmi květních obalů, uvnitř obsahuje nažky *(růže šípková)*;
– **malvice**, vzniká přirůstáním stěn spodního semeníku ke zdužnatělé češuli *(jabloň, hrušeň)*;
– **souplodí nažek** na zdužnatělém květním lůžku *(jahodník)*;
– **souplodí peckoviček** na zdužnatělém květním lůžku *(maliník a ostružiník)*.



Nepravé plody
1 – češule,
2 – souplodí nažek,
3 – malvice,
4 – souplodí peckoviček

Přeměnou celého květenství vzniká **plodenství.**

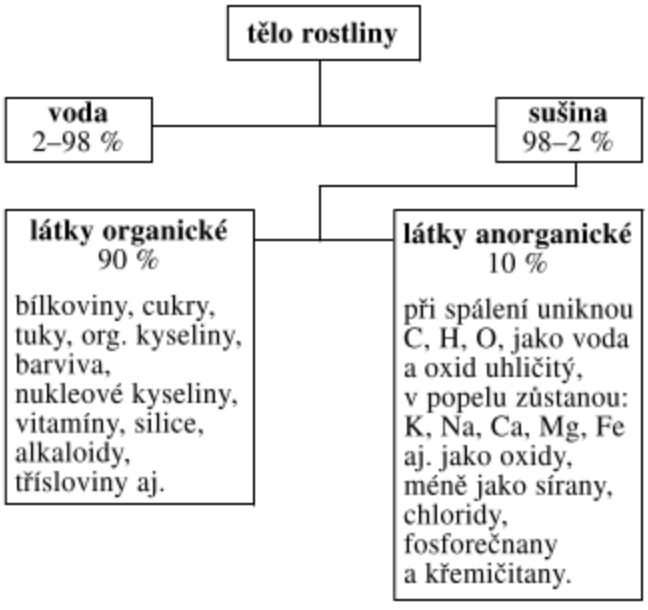
LÁTKOVÉ SLOŽENÍ ROSTLINNÉHO TĚLA

Těla rostlin, stejně jako ostatních organismů, se skládají z vody a sušiny. **Sušina** je zbytek rostliny, z níž byla odstraněna voda *(sušením při 105 °C do konstantní hmotnosti)*. Obsah vody je u různých rostlin různý a závisí na prostředí, ve kterém rostlina žije. Také různé orgány téže rostliny mají různý obsah vody. Obsah vody je ovlivněn také stářím orgánů.

rostlina	hmotnostní % vody	hmotnostní % sušiny
locika salát, listy	94	6
zelí, listy	91	9
jahodník, plod	85	15
brambory, hlízy	75	25
pšenice, obilka	15	85
slunečnice, nažka	7	93
mák, semena	7	93
ořešák, semena	3	97

obsah vody a sušiny v plodech, listech a větvičce jabloně		
orgán	hmotnostní % vody	hmotnostní % sušiny
plod	82	18
list	58	42
větvička	43	57

Sušina rostlin je tvořena ponejvíce **látkami ústrojnými** *(organickými)* a z menší části látkami **neústrojnými** *(anorganickými – minerálními)*. Po spálení sušiny organické látky shoří a vytěkají ven, látky anorganické zůstanou v popelu. Hmotnostní obsah popela v sušině se pohybuje do 10 %.



Sloučeniny skládající rostlinné tělo jsou tvořeny různými chemickými prvky. **Biogenní prvky** jsou pro život rostliny nezbytné. Podle jejich hmotnostního obsahu v těle rostliny je dělíme na:

a) **makrobiogenní prvky** *(tvoří 0,1 až 50 % sušiny)* C, O, H, N, K, Ca, P, S, Mg a Cl, jejichž funkce je hlavně stavební;

b) **mikrobiogenní prvky** *(tvoří 0,00001 až 0,1 % sušiny)* Fe, B, Cu, Mo, Mn, Zn, Co, V aj., převážně s funkcí katalytickou, jsou součástí enzymů.

Kromě biogenních prvků se mohou v rostlinných tělech vyskytovat a hromadit prvky pro život postradatelné *(Si, Al, Cd, Pb aj.)*, které ve větším množství působí závadnost rostlin jako potravin. Z organických látek obsažených v rostlinných tělech jsou významné:

• **Bílkoviny**, mající funkci stavební, katalytickou *(enzymatickou)* a zásobní *(semena některých rostlin jsou potom významnou složkou potravin)*.

• **Sacharidy** mají především funkci zásobní *(glukóza a fruktóza v ovoci, sacharóza v bulvě řepy, škrob v plodech a hlízách)*. Mají také funkci stavební *(celulóza je základní stavební složkou buněčných stěn)*.

• **Nukleové kyseliny** *(DNA, RNA)*
Kyselina deoxyribonukleová *(DNA)* je nositelkou genetické informace o všech fyziologických a morfologických vlastnostech organismu. Kyseliny ribonukleové *(RNA)* se podílejí na přenosu dědičných informací.

• **Tuky** *(lipidy)* mají funkci zásobní *(semena řepky, lnu, slunečnice, máku aj.)* a také funkci stavební, spolu s bílkovinami jsou základními stavebními složkami biomembrán.

Kromě uvedených organických látek jsou v rostlinných buňkách přítomny jiné, mající specifické funkce. Např.:

– **dřevovina** *(lignin)*, zpevňuje buněčné stěny buněk dřevin;
– **barviva plastidů**, nutná pro fotosyntézu, a řada jiných, jako např. barviva vakuol *(anthokyanidiny)*, organické kyseliny, vitamíny, třísloviny, silice, alkaloidy, fytoncidy aj., mající specifické funkce, a jež člověk často využívá pro léčebné, kosmetické a jiné účely.

ŽIVOTNÍ FUNKCE A INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ROSTLIN

FOTOSYNTÉZA

Všechny organické látky rostlinného těla vznikají složitými biochemickými procesy z vody, oxidu uhličitého a jednoduchých minerálních látek, které rostliny přijímají kořeny z půdy a listy ze vzduchu. Základním procesem vzniku těchto látek je **fotosyntetická asimilace – fotosyntéza**. Fotosyntéza se jí říká proto, že k přeměně jednoduchých minerálních látek *(H_2O a CO_2)* na složitější organické látky – **syntéze** využívají zelené rostliny energie fotonů viditelné části slunečního spektra, tj. fotonů vlnových délek 400 až 750 nm *(viz doplněk str. 75)*. Tyto fotony zachycují barviva plastidů:

– **chlorofyly a, b** zachycují fotony modrofialové a červené části spektra;
– **fykocyan a fykoerytrin** zachycují fotony zelené a žluté části spektra;
– **xantofyly a karotenoidy** zachycují fotony modrozelené části spektra.

Energie fotonů, zachycených výše uvedenými asimilačními barvivy, je postupně předávána molekulám chlorofylu **a**, který se zachyceným fotonem **excituje**, tj. uvolní energeticky bohatý elektron.

• **Průběh fotosyntézy**

Fotosyntéza se skládá ze dvou fází: světlé, probíhající za přítomnosti světla, a tmavé, jejíž průběh nevyžaduje přítomnost světla. Ve **světlé fázi** fotosyntézy je energie fotonů využito jednak ke štěpení molekul vody, tzv. **fotolýze vody** na protony, elektrony a jako vedlejší produkt vzniká kyslík:

$$H_2O \xrightarrow[\text{chlorofyl } \mathbf{a}]{\text{energie fotonů}} 2H^+ + 2e^- + {}^1/_2O_2$$

a jednak k tvorbě molekul ATP, které dále energeticky zabezpečují reakce probíhající v tmavé fázi.

Ve **tmavé fázi** *(Calvinově cyklu)* je řadou enzymatických reakcí redukován vzdušný oxid uhličitý na cukr vodíkem, vznikajícím při fotolýze vody *(viz doplněk str. 75)*. Souhrnně lze rovnici fotosyntézy zapsat:

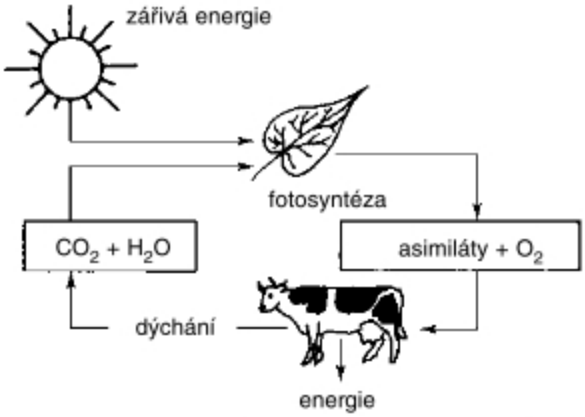
$$6\,CO_2 + 12\,H_2O \xrightarrow[\text{asimilační barviva}]{\text{energie fotonů}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6\,H_2O$$

Vznikající cukr je dalšími enzymatickými reakcemi přeměněn na stálé produkty fotosyntézy – **asimiláty** *(škrob, bílkoviny, tuky a jiné organické látky)*.

• **Význam fotosyntézy**

Je to základní proces, zabezpečující život na Zemi. Téměř veškerá biomasa vzniká fotosyntézou ze vzdušného oxidu uhličitého. V atmosféře je obsaženo 0,03 objemového procenta CO_2. Odhaduje se, že ročně se fotosyntézou přemění přibližně $2 \cdot 10^{11}$ tun *(0,2 biliónu)* oxidu uhličitého. Vzhledem k tomu, že na každých šest molekul CO_2 vznikne šest molekul O_2, je také množství kyslíku vznikajícího při fotosyntéze obrovské. **Fotosyntéza je jediný děj na Zemi, při kterém se kyslík uvolňuje**. Zatímco látky *(H_2O a CO_2)* neustále kolují, tok energie je jednosměrný.

Z celkové sluneční energie vyzařované Sluncem do vesmíru zachytí planeta Země jednu miliardtinu *(10^{-9})*. Z ní se 40 % odrazí zpět do vesmíru *(albedo)*. Zbytek energie stačí k udržení veškerého života, k ohřívání atmosféry a zemského povrchu. Ze světla dopadajícího na rostliny jsou jen 3 % využita na tvorbu asimilátů.



FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ INTENZITU FOTOSYNTÉZY

Proces fotosyntézy a jeho intenzita je, stejně jako ostatní životní procesy rostlin, ovlivňován řadou vnitřních a vnějších vlivů *(činitelů, faktorů)*.

Z **vnějších faktorů** jsou to:

– **světlo**, jeho intenzita a kvalita *(nejintenzívněji probíhá fotosyntéza na červeném světle)*;
– **délka osvětlení**, u nedostatečně dlouho osvětlených rostlin nastává blednutí listů;
– **teplota**, nejintenzívněji probíhá fotosyntéza u většiny rostlin v rozmezí od 25 do 30 °C;
– **obsah CO_2 ve vzduchu** je stálý a menší změny fotosyntézu neovlivňují. Při pokusech bylo zjištěno, že vysoký nebo naopak nízký obsah oxidu uhličitého v prostředí fotosyntézu snižuje až zastaví;
– **dostatek vody a minerálních látek.**

Z **vnitřních faktorů** je to především množství chloroplastů v buňkách, celkový fyziologický stav rostliny a její stáří.

◗ ***Shrnutí***

Zelené rostliny jsou organismy **fotoautotrofní**, protože uhlík potřebný k syntéze asimilátů získávají z oxidu uhličitého a energii potřebnou k těmto syntézám dodávají fotony slunečního záření. Energie světelná se tak přeměňuje na energii chemickou, skladovanou v chemických vazbách asimilátů.

DÝCHÁNÍ

Asimiláty vzniklé v rostlinných buňkách fotosyntézou mají různé funkce: stavební, zásobní, enzymatické aj.

Zásobní látky jsou v případě potřeby využívány. Energie, uložená v nich fotosyntézou, je z nich uvolňována. Rostliny tedy mohou po určitou dobu žít bez fotosyntézy *(v noci, při klíčení semen, kvetení neolistěných stromů, buňky v nezelených a neosvětlených částech rostlin – kořenech, oddencích, vnitřních částech stonků)*. Za těchto okolností získávají rostliny energii pro své životní funkce rozkladem zásobních látek na látky jednodušší. Tento proces se označuje jako **disimilace**.

Jak již víme, uskladnění energie v molekule glukózy je spojeno s **redukcí** oxidu uhličitého. Uvolnění této energie z glukózy je spojeno s opačným procesem – její **oxidací**:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{energie}$$

Uvolněná energie je skladována v molekulách ATP *(viz doplněk str. 79)*, které slouží jako její přenašeči na místa spotřeby v buňce. Uvedená rovnice, podobně jako v případě fotosyntézy, vyjadřuje pouze počáteční a konečný stav. Disimilační proces je ve skutečnosti složitým sledem enzymatických reakcí, které souhrnně označujeme jako **buněčné dýchání**. Dýchání probíhá po etapách. První etapa se nazývá **glykolýza**. Její podstatou je odbourání glukózy *(6 C)* na kyselinu pyrohroznovou *(3 C)*. Probíhá za nepřístupu vzduchu *(kyslíku)* – **anaerobně**. Enzymy katalyzující reakce glykolýzy jsou rozpuštěny v základní cytoplazmě, což svědčí o starobylosti a původnosti tohoto děje. *(Odbourání zásobních látek začíná u všech buněk anaerobní*

glykolýzou, ať jde o buňky rostlin, hub, živočichů, či bakterií. Tento anaerobní proces probíhá, i když se buňky nacházejí v prostředí obsahujícím kyslík.)

Ve druhé etapě je vzniklá kyselina pyrohroznová řadou enzymatických reakcí, známých jako **Krebsův cyklus** nebo též **cyklus kyseliny citronové**, odbourána na oxid uhličitý *(dekarboxylována)* a jsou jí odňaty vodíky *(je dehydrogenována)*. Odebrané vodíky jsou oxidovány v **dýchacím řetězci** vzdušným kyslíkem na vodu. Přitom se uvolní značné množství energie, která se ukládá do molekul ATP a může být využita k zabezpečení životních funkcí buňky. Část energie se uvolňuje jako teplo. Protože tyto reakce probíhají za přítomnosti kyslíku, označují se jako **aerobní**. Enzymy katalyzující reakce **Krebsova cyklu** a reakce **dýchacího řetězce** se nacházejí a vznikají ve vnitřní biomembráně mitochondrií.

Jak vidíme ze schématu, je přenos 2 H spojen s vytvořením 3 ATP. Celkově je tedy přenos 12 H v dýchacím řetězci spojen s vytvořením 36 molekul ATP.

Při **anaerobní přeměně** glukózy na kyselinu pyrohroznovou se získají 2 ATP.

Při **aerobní přeměně** kyseliny pyrohroznové na vodu a oxid uhličitý se získá 36 ATP.

Aerobní odbourání zásobních látek je tedy energeticky mnohem výhodnější.

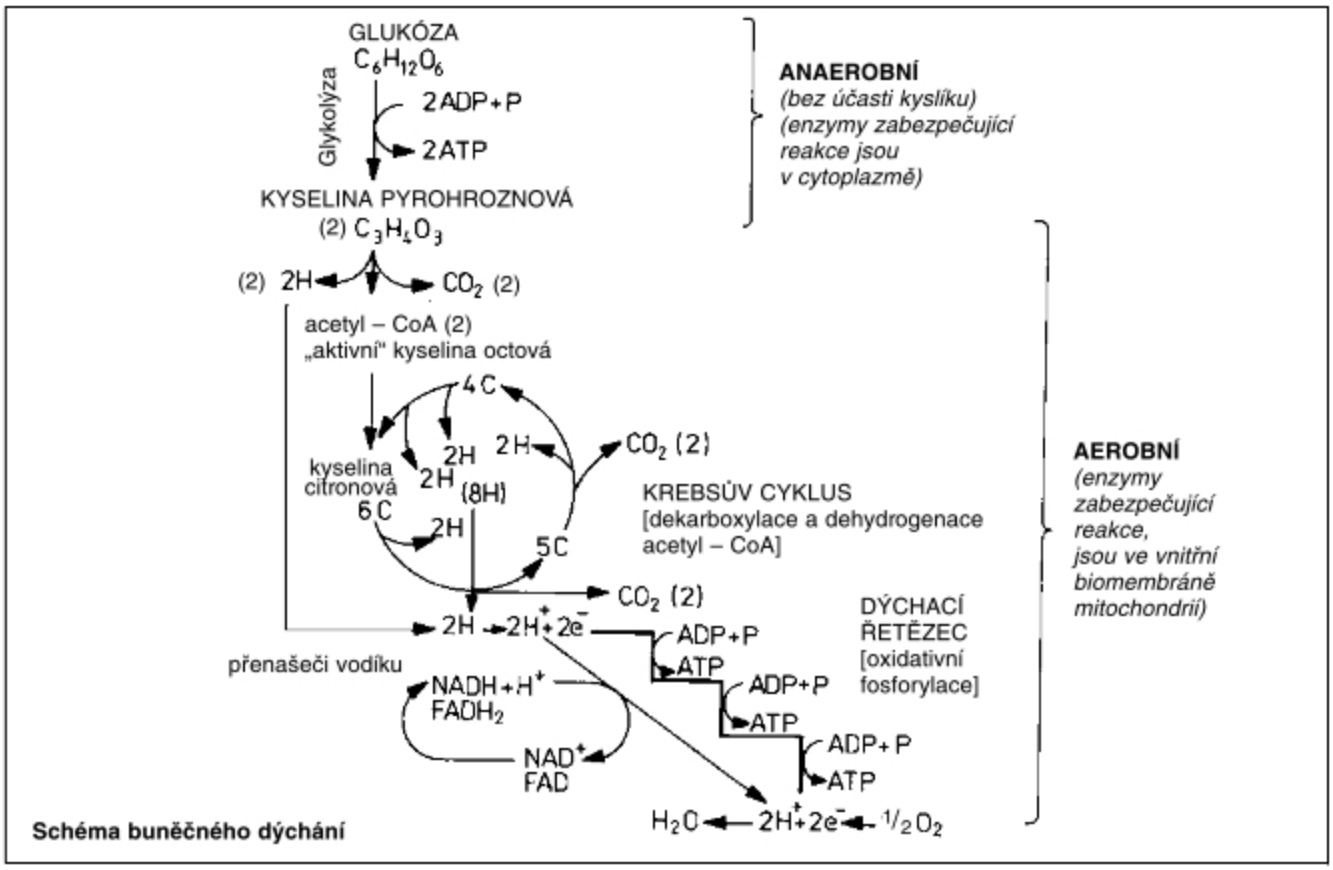


Schéma buněčného dýchání

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ INTENZITU BUNĚČNÉHO DÝCHÁNÍ

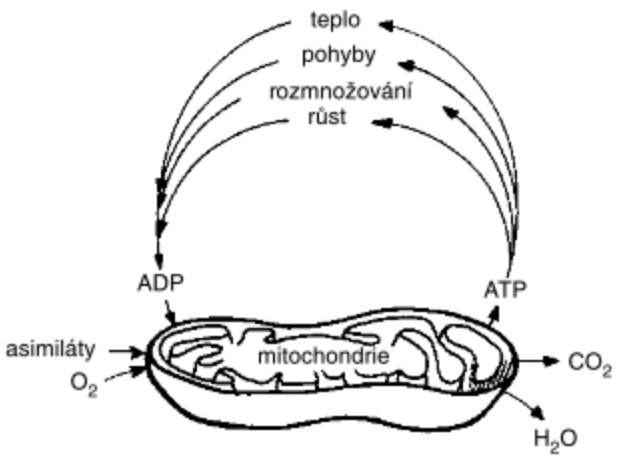
Můžeme je stejně jako u fotosyntézy rozdělit na vnější a vnitřní. Z **vnějších faktorů** jsou to:

– **teplota prostředí**, optimální teplota je mezi 25 až 35 °C. Vyšší a nižší teploty intenzitu dýchání snižují, resp. dýchání zastaví;

– **obsah kyslíku v prostředí;**

– **přítomnost některých látek**, které působí jako **jedy** buněčného dýchání *(kyanidy, oxid uhelnatý, oxid siřičitý* aj.).

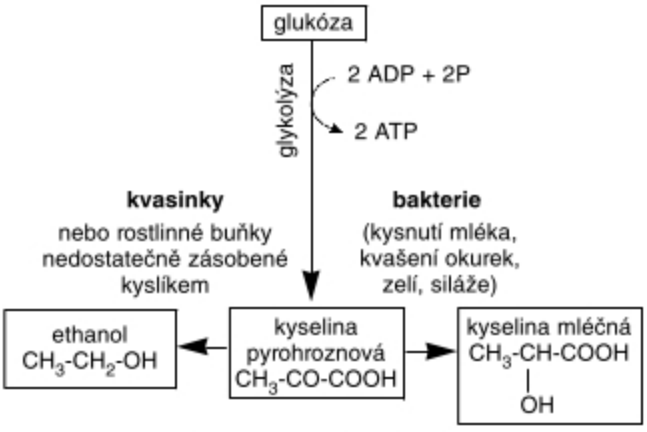
Z **vnitřních faktorů** je rozhodující fyziologický stav rostliny a její stáří, obsah vody v pletivech, množství zásobních látek *(asimilátů)* schopných oxidace.



Využití energie uvolněné při dýchání

KVAŠENÍ *(fermentace)*

Disimilační procesy mohou probíhat i jinak než formou dýchání. Probíhají za nepřístupu vzduchu *(anaerobně)* a označují se souhrnně jako kvašení *(fermentace)*. Nejznámější jsou alkoholové a mléčné kvašení.

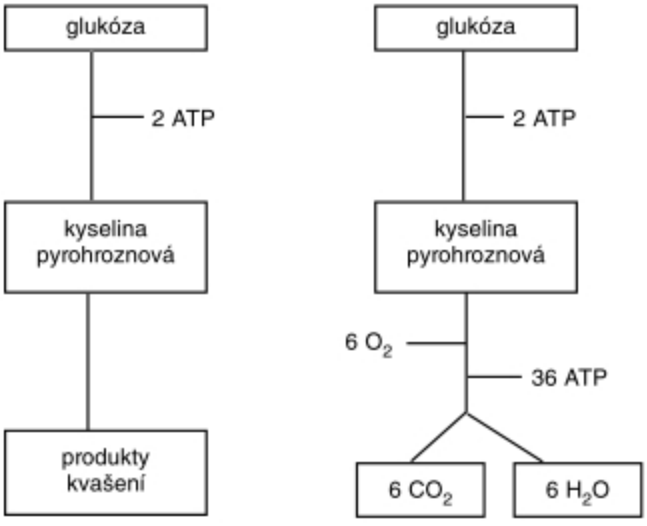


Alkoholové a mléčné kvašení

Zisk energie je však malý *(2 ATP)* na jednu přeměněnou molekulu glukózy. Nižším organismům však stačí k zabezpečení životních funkcí. Podobně pravděpodobně získávaly potřebnou energii i praorganismy v době, kdy praatmosféra ještě neobsahovala kyslík *(před 3 až 4 mld. let)*. Ten vznikal a postupně se hromadil v atmosféře s tím, jak některé organismy získaly schopnost fotosyntézy a všeobecně se velmi rozšířily.

Shrnutí

Uskladnění světelné energie do chemických vazeb v procesu fotosyntetické asimilace je spojeno s redukcí vzdušného oxidu uhličitého za vzniku asimilátů. Zpětné uvolnění energie ze složitých molekul asimilátů je spojeno s jejich oxidací. Zatímco se při anaerobních *(fermentačních)* procesech získají přeměnou jedné molekuly glukózy dvě molekuly ATP, oxidativním odbouráním kyseliny pyrohroznové vznikne 36 molekul ATP.



VODNÍ REŽIM ROSTLINY

Obsah vody v protoplazmě *(její **hydratace**)* je nezbytný pro normální průběh životních funkcí buňky. Snížení obsahu vody má za následek i omezení životních dějů. To můžeme pozorovat například při klíčení semen. Voda poskytuje dva základní biogenní prvky. Je **rozpouštědlem** různých látek, a tedy prostředím, ve kterém probíhají biochemické reakce. Slouží také k **rozvádění** *(transportu)* látek v těle rostliny.

• **Vodní nižší rostliny** přijímají vodu celým povrchem těla na základě difuze a osmózy.

• **Vyšší suchozemské rostliny** přijímají vodu kořenovými vlásky. Její rozvod po těle rostliny zprostředkují cévy nebo cévice. V listech se voda vypařuje do mezibuněčných prostor houbového parenchymu, které jsou prostřednictvím průduchů na spodní straně listů spojeny s atmosférou. Atmosféra je vodními parami méně nasycena než mezibuněčné prostory. Voda tedy průduchy uniká ven a unikající molekuly „táhnou“ molekuly vody v cévách. Tím vzniká souvislý **transpirační proud** *(sání)*, který je zabezpečován **soudržnými silami** *(kohezí)* mezi molekulami vody.

Kořeny přijímají rostliny vodu jednak pasivně *(asi 95 % celkově přijaté vody)* v době, kdy má rostlina vyvinuté listy a jednak aktivně. Při pasivním příjmu molekuly vody difundují submikroskopickými prostory v buněčných stěnách a jejich difuzi umožňuje koncentrační spád směrem do vnitřních částí kořene, způsobený transpiračním sáním.

Část vody přijímá rostlina **aktivně**, především v době, kdy nemá vyvinuté listy. Aktivní příjem je spojen se spotřebou energie. Při aktivním příjmu procházejí molekuly vody cytoplazmou buněk kořenových vlásků přes tonoplast do buněčné šťávy vakuol. Výsledkem je tlak vtlačující vodu do výše položených pletiv, tzv. **kořenový vztlak**. Příjem vody kořeny ovlivňují:

– **teplota půdy** a **obsah kyslíku** v půdě. V teplejší půdě, dostatečně zásobené kyslíkem, buňky intenzívně dýchají a mohou přijímat více vody;

– **koncentrace půdního roztoku**, na zasolených půdách trpí rostliny nedostatkem vody;

– **velikost půdních částic**, čím jsou částice menší, tím mají relativní povrch větší, na který se **přilnavostí** *(adhezí)* vážou molekuly vody, které pak nemohou pronikat do kořenů.

Část vody přijímají rostliny **mimokořenově** *(listy)*.

• **Transpirace** je výdej vody rostlinou *(listem)*. Probíhá jednak jeho celým povrchem – **transpirace pokožková** *(kutikulární)*, maximálně do 10 %, a **transpirace průduchová** *(stomatární)*. Průduchová transpirace je regulována otevíráním a zavíráním průduchů.

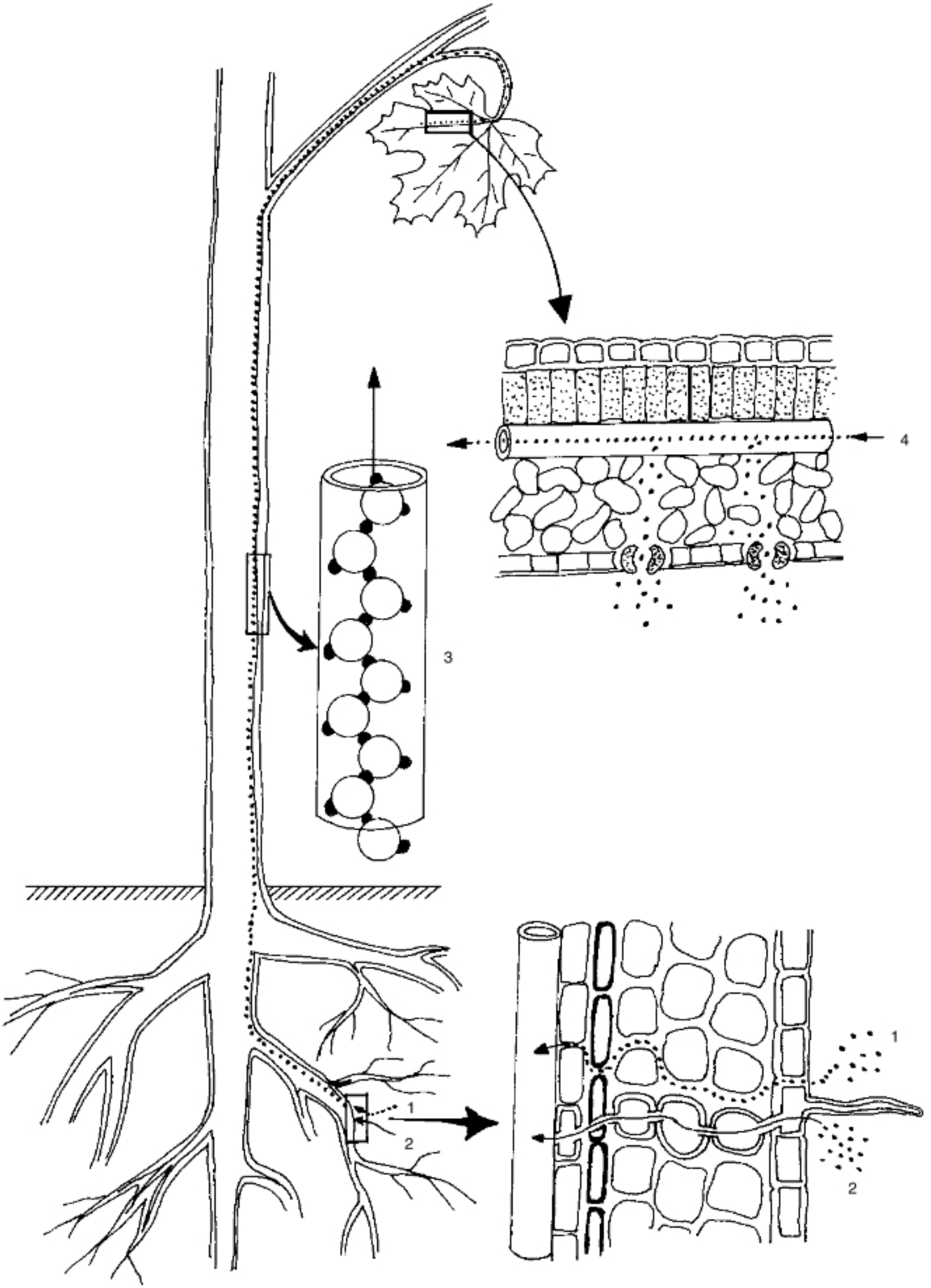


Schéma transpirace

1 – apoplastická cesta přijímané vody, 2 – symplastický příjem vody, 3 – nepřetržitý sloupec molekul vody poutaných k sobě kohezními silami, 4 – pohyb molekul vody v cévě listu a jejich pronikání do listového parenchymu a průduchy z listu ven

Transpiraci ovlivňují:

a) **vnitřní faktory**
   – velikost a počet průduchů
   – morfologická a anatomická stavba listů
   – vlastnosti kutikuly

b) **vnější faktory**
   – teplota a vlhkost vzduchu
   – pohyb vzduchu
   – půdní vlhkost

Většina vody přijatá rostlinou je opět vydána do prostředí *(98 až 99 %)*. Celkové množství přijaté vody je obrovské. Například jedna rostlina kukuřice spotřebuje za vegetační období asi 200 litrů vody.

Důležitým ukazatelem je **transpirační koeficient**, tj. hmotnost vody v gramech potřebné na vytvoření jednoho gramu sušiny.

Např. kukuřice 370 gramů
oves 600 gramů
vojtěška 800 gramů atp.

• **Intenzita transpirace**, tj. množství vydané vody jednotkou listové plochy za jednotku času, se mění během dne a během vegetačního období. V noci převládá příjem vody, ve dne transpirace.

Biologický význam transpirace

Umožňuje zásobování všech částí rostliny vodou a minerálními živinami. Zabraňuje přehřívání listů. Otevřenými průduchy při vysoké transpiraci proniká do listů CO_2, nutný pro fotosyntézu, a kyslík, nutný pro dýchání. Je-li v půdě nedostatek vody, uzavírají se průduchy, snižuje se intenzita transpirace, do pletiv proniká málo CO_2 a zmenšuje se intenzita fotosyntézy. Souvislé rostlinné porosty transpirací vyrovnávají teplotní rozdíly mezi dnem a nocí. Proto na územích bez vegetace *(pouště)* jsou velké rozdíly mezi denní a noční teplotou.

MINERÁLNÍ VÝŽIVA ROSTLIN

Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku, s jejichž příjmem a přeměnami jsme se seznámili, potřebují rostliny další biogenní prvky, které přijímají hlavně ve formě iontů. Ty jsou součástí **půdního roztoku**. Z půdního roztoku jsou živiny přijímány především kořenovým vlášením. Z půdního roztoku mohou pronikat do kořenů jednak **pasivně**, difuzí prostorami v buněčných stěnách, tzv. **apoplastickou cestou**, jednak pronikají cytoplazmatickými obsahy jednotlivých buněk, od buňky k buňce přes cytoplazmatické biomembrány **aktivně**, tzv. **symplastickou cestou**. Při tomto způsobu příjmu se spotřebovává energie z molekul ATP a rychlost příjmu živin je pozitivně ovlivňována intenzitou dýchání.

Význam biogenních prvků ve výživě rostlin

• **Dusík** je složkou bílkovin. Rostliny ho přijímají hlavně ve formě NO_3^-, méně často ve formě NH_4^+.

• **Fosfor** je složkou nukleových kyselin, ATP, koenzymů a fosfolipidů, které jsou stavební složkou biomembrán.

• **Síra** je složkou bílkovin. Je přijímána ve formě SO_4^{2-}.

• **Draslík a vápník** jsou přijímány ve formě K^+ a Ca^{2+} iontů. Mají význam pro hydrataci protoplazmy. K^+ ionty obsah vody v protoplazmě zvyšují, Ca^{2+} ionty mají účinek opačný.

• **Hořčík** je součástí molekuly chlorofylu. Je přijímán ve formě Mg^{2+}.

• **Mikrobiogenní prvky** ve formě Fe^{3+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Cl^-, BO_2^- aj. jsou součástí enzymů.

• Živiny mohou rostliny přijímat také **mimokořenově** *(listy)*. V praxi se provádí hnojení na list.

Nezbytnost a význam jednotlivých prvků pro život rostlin lze zjišťovat jejich pěstováním v neúplných živných roztocích. Tyto roztoky můžeme záměrně připravovat tak, aby vynikl význam prvku, který sledujeme. Pěstování rostlin v kompletních živných roztocích se nazývá **hydroponie** a běžně se používá, především při pěstování zeleniny a květin ve sklenících.

RŮST ROSTLIN

Růst je nevratné zvětšování objemu a hmotnosti, související s dělením buněk, jejich zvětšováním a rozrůzněním *(diferenciací)*. U **jednobuněčných rostlin** se buňka po dosažení určité velikosti, když zdvojí své struktury, rozdělí na dvě dceřiné buňky.

• **Vyšší rostliny** mají na rozdíl od živočichů neukončený růst, což souvisí s jejich nepohyblivostí. U rostlinných orgánů rozlišujeme tři fáze růstu.

a) V **embryonální fázi růstu** dochází k neustálým dělením buněk a zvětšování jejich počtu. Dělení se uskutečňuje v dělivých pletivech *(meristémech)* na vrcholech stonků a kořenů a také v druhotných dělivých pletivech *(kambiu a felogenu)*.

b) V **prodlužovací fázi růstu** se buňky již nedělí, jejich vakuoly nasávají značné množství vody, zvětšují svůj objem a později splývají v jednu velkou vakuolu. Množství cytoplazmy se však nezvětšuje. Cytoplazma s jádrem je zatlačována k buněčné stěně.

c) V **diferenciační fázi růstu** se buňky tvarově odlišují, rozrůzňují k vykonávání specializovaných funkcí, získávají definitivní tvar.

Růst rostlin se uskutečňuje jen za určitých podmínek *(faktorů)*, které můžeme rozdělit na vnitřní

a vnější. K nejvýznamnějším **vnitřním faktorům růstu** patří **rostlinné hormony** *(fytohormony)*. Rozlišujeme fytohormony růst podněcující – **stimulátory růstu**, mezi které patří **auxiny**, tvořící se ve vrcholech stonků, **cytokininy** v kořenech a **giberelíny** v nejmladších listech a kořenech. V některých případech, především ve vysokých koncentracích, může auxin růst brzdit. Brzdí např. růst postranních pupenů na stonku. Odříznutím vrcholu stonku se podnítí růst postranních větví z pupenů *(využívá se při řezu dřevin)*.

Druhou skupinou jsou fytohormony brzdící růst – **inhibitory růstu**. Patří mezi ně **kyselina abscisová**, která způsobuje opad listů a plodů, potlačuje rozvíjení pupenů v době vegetačního klidu.

Z **vnějších faktorů** ovlivňujících růst jsou významné: světlo, teplota, dostatek vody a živin, znečištěné prostředí.

• **Světlo** je základním vnějším faktorem, bez něhož není možná fotosyntéza. Má vliv na utváření nadzemní části rostliny. Při nedostatku světla dochází k **etiolizaci** – nápadnému prodloužení stonků v článcích, potlačení růstu listů a ztrátě zeleného zbarvení *(např. klíčky brambor uskladněných ve tmavé místnosti)*.

• **Teplota** ovlivňuje rychlost růstu. Teplota, při které roste rostlina nejrychleji, se označuje jako **teplota optimální**. Optimální teploty jsou specifické nejen pro jednotlivé druhy rostlin, ale i pro jednotlivé etapy jejich vývoje *(např. len a jařiny rostou rychleji při nižších teplotách, proto se sejí z jara)*.

• **Voda** je nezbytná jak v embryonální fázi růstu, tak v prodlužovací, kdy dochází k vakuolizaci buněk. Také nedostatek živin je příčinou zakrnělého růstu rostlin.

• **Znečištěné prostředí** *(voda, vzduch, půda)* působí nepříznivě na růst rostlin a jejich orgánů.

RŮSTOVÉ KORELACE

Všechny části rostlinného těla tvoří jednotnou soustavu. Změna v jedné části rostlinného těla působí fyziologicky na části ostatní. Toto vzájemné působení a ovlivňování se nazývá **korelace**. Když je orgán ve spojení s celou rostlinou, chová se jinak, než když je od ní oddělen. Z listů na rostlině nevyrůstají kořeny. Když ale list oddělíme a dáme do vlhkého písku, po určité době z něho mohou vyrůst kořeny. Cílem korelace je to, aby byla dosažena opět rovnováha, která byla nějakým způsobem porušena. Když např. ze stromu odřežeme hlavní větve, porušíme korelaci. Ze spících oček vyrostou větve s velkými listy, aby se co nejdříve dosáhlo potřebné fotosyntetizující plochy.

Polarita růstu se projevuje tím, že na rostlině a jejích orgánech je tvarově a funkčně vymezen **vrcholový** *(apikální)* **pól** a **spodní** *(bazální)* **pól**. Kousek vrbového proutku zavěšený ve vlhkém skleníku svisle v přirozené poloze začne růst tak, že na apikálním pólu vyrostou větve a na bazálním pólu kořeny. Polarita se zachová, i když proutek zavěsíme obráceně; větvičky vyrostou dole, na apikálním pólu, kořeny nahoře, na bazálním pólu. Polarita souvisí s pohybem auxinu, který proudí ve stonku od vrcholu *(apexu)* ke spodní části *(bázi)*.

Regenerace *(obnova)* **porušení celistvosti rostliny**

Části těla, které rostlina ztratila nebo se v průběhu jejího života opotřebovaly, nahrazuje rostlina **fyziologickou regenerací**. Například jizvy po opadaných listech se hojí korkem a z pupenů vyrůstají nové listy. Jako **patologická regenerace** se označuje proces, jímž poraněná rostlina nahrazuje odejmuté orgány nebo zaceluje rány. Při regeneraci ran se na stromech po odříznutí větví tvoří **hojivé** *(závalové)* **pletivo** *(kalus)*, které ránu zacelí. Regenerační pochody můžeme velmi dobře pozorovat při pěstování izolovaných částí rostliny *(buněk, pletiv, částí orgánů)* tzv. **explantátů** za sterilních podmínek na živné půdě **in vitro** *(ve zkumavce, Petriho misce apod.)*. Pěstováním stonkových vrcholových meristémů lze rostliny množit.

INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ROSTLIN

Individuální vývoj neboli **ontogeneze** je sled událostí od vzniku organismu až po jeho zánik. Úkolem rostlinného jedince je zachování druhu, to znamená, že se během svého života snaží zajistit vznik nových jedinců. Doba života rostliny od vzniku do uhynutí se označuje jako její **životní cyklus**. Životní cyklus vyšších rostlin začíná **fází vegetativní**, kdy rostou vegetativní orgány *(kořeny, stonek, listy)*. Po určité době se vytvářejí orgány **reprodukční *(rozmnožovací)*** a rostliny vstupují do **fáze rozmnožovací**. Po ní dochází ke stárnutí a uhynutí.

Délka života rostlin je u různých druhů různá. Podle toho, tvoří-li rostliny plody jen jednou, nebo vícekrát za život, rozdělujeme je na monokarpické a polykarpické. **Monokarpické rostliny dělíme dále na:**

• **jednoleté** *(annuely)*, jejichž životní cyklus proběhne během jednoho vegetačního období *(letničky, rajče, tykev, slunečnice)*;

• **dvouleté** *(bieny)*, jež vyklíčí na jaře, vytvoří vegetativní orgány, přezimují a druhý rok vykvetou, vytvoří semena a uhynou *(cukrovka, zelí, mrkev)*;

• **víceleté** *(plurieny)* žijí několik roků ve vegetativním stavu, potom vykvetou, vytvoří semena a uhynou *(agáve)*.

Většina víceletých rostlin jsou **rostliny polykarpické**, kvetou a mají plody mnohokrát za život. Patří mezi ně vytrvalé byliny – **trvalky** *(pereny)*, přečkávající nepříznivé roční období podzemními zásobními orgány *(oddenky, cibulemi, hlízami)*, a dále keře a stromy.

K tomu, aby rostlina mohla přejít z fáze vegetativní do fáze rozmnožovací, musí prodělat celou řadu biochemických změn, které jsou podmíněny faktory vnějšího prostředí. Říkáme, že rostlina musí projít určitým **stadiem vývoje**. Například dvouleté rostliny jsou v zimě vystaveny účinku nízké teploty a v následujícím roce kvetou. Působení nízké teploty vyvolá v rostlinách fyziologické změny, jejichž výsledkem je kvetení. Účinek nízké teploty, který vyvolává kvetení a následnou tvorbu plodů, se nazývá **jarovizace**. Jiným obdobím je stadium světelné. V něm má rostlina vyvinuté listy a rozhodujícím faktorem je doba, po kterou je rostlina denně osvětlena. Přizpůsobování rostliny rozdílné délce dne a noci se nazývá **fotoperiodismus** *(délka denního osvětlení je fotoperioda)*. Podle délky dne a noci, která jim vyhovuje, se rostliny dělí do tří skupin:

a) **krátkodenní rostliny** potřebují krátké denní osvětlení. Na přechod do kvetení potřebují dlouhý čas tmy *(konopí, tabák, bavlník)*;

b) **dlouhodenní rostliny** potřebují na přechod do květu dlouhé denní osvětlení a krátký čas tmy *(obilniny, brambory)*;

c) **neutrální rostliny** kvetou v dlouhém i krátkém dni *(smetanka, pelargonie)*. Mají-li vhodné podmínky, mohou kvést po celý rok.

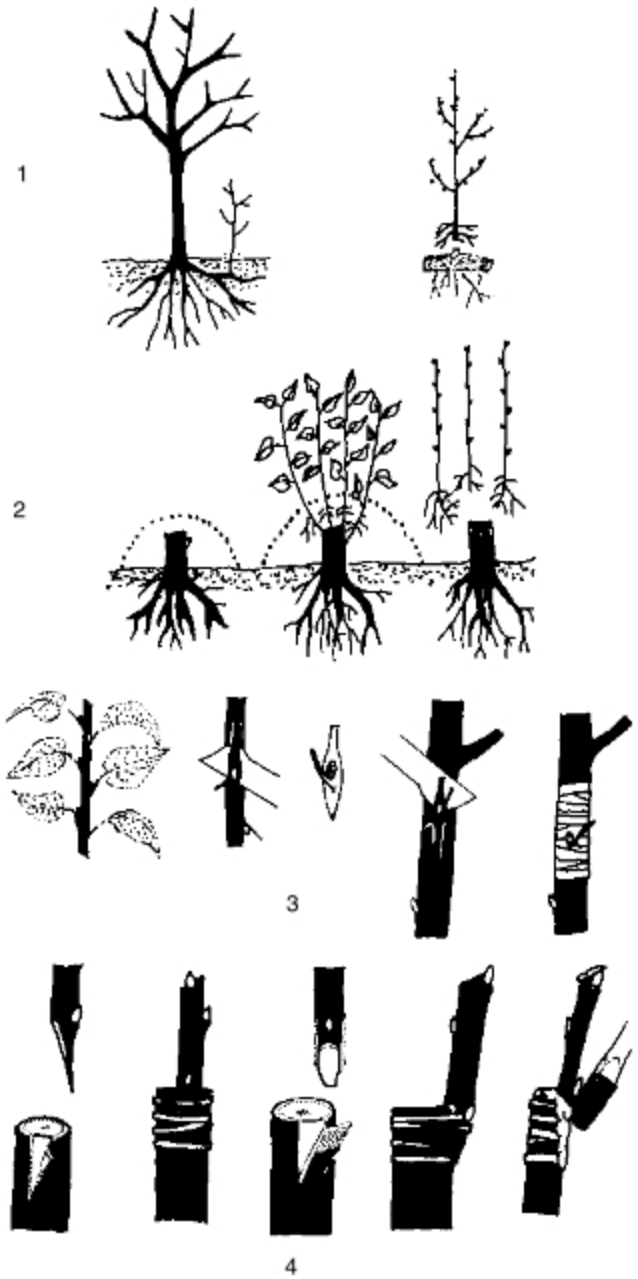
ROZMNOŽOVÁNÍ ROSTLIN

Rozmnožování je základní vlastností každého organismu. Rozeznáváme rozmnožování pohlavní a rozmnožování nepohlavní.

• **Rozmnožování nepohlavní** ***(vegetativní)*** je typ množení, při kterém nový jedinec vzniká z jediné buňky, tkáně nebo části orgánu mateřské rostliny. K nepohlavnímu rozmnožování vytvářejí některé rostliny zvláštní nepohlavní rozmnožovací orgány. Například jahodník, netřesk a jiné vyhánějí v létě z paždí přízemních listů **šlahouny**, které v určité vzdálenosti od mateřské rostliny zakořeňují a v místě zakořenění vyrůstají dceřiné rostliny. Jiné rostliny se rozmnožují **oddenky** *(kosatec, pýr)*, **hlízami** *(brambory, jiřiny)*, **cibulemi** *(česnek, lilie)*.

Nový orgán, případně celý jedinec u vyšších rostlin, může vzniknout z **latentních meristémů**, např. adventivní kořeny vznikají z pericyklu stonku *(toho se využívá při zakořeňování větviček některých dřevin – množení pomocí* ***stonkových řízků****)*. U některých rostlin se latentní meristémy vyskytují také v listech *(begonie, saintpaulie)* a mohou se rozmnožovat pomocí **listových řízků**.

Při vegetativním rozmnožování nedochází k redukci počtu chromozómů, nový jedinec má **genotyp** shodný s mateřskou rostlinou, a proto i shodné vlastnosti. Pro reprodukci některých rostlin může být vegetativní rozmnožování důležitější než pohlavní. Této skutečnosti se využívá v zemědělské a zahradnické praxi. Dřeviny se rozmnožují např. pomocí **oddělků, očkováním** a **roubováním**, z **odkopků** apod.



1 – rozmnožování pomocí odkopku,
2 – rozmnožování pomocí oddělků, 3 – postup při očkování,
4 – roubování

• **Rozmnožování pohlavní** *(sexuální)*. Při tomto způsobu rozmnožování dochází ke splynutí haploidní samčí pohlavní buňky se samičí haploidní pohlavní buňkou za vzniku diploidní **zygoty**. Zygota se mnohonásobně dělí a mění se na **zárodek** *(embryo)* nového organismu. U semenných rostlin je to semeno, které je schopné překonávat i po dlouhou dobu značně nepříznivé podmínky. Po nabobtnání vodou se v semeni životní děje zrychlí, a jsou-li splněny další podmínky *(teplo, světlo, živiny)*, vyroste v novou rostlinu. Vlastnosti jedince vzniklého ze semene ovlivňují oba rodičovští jedinci. Mohou vznikat rostliny s vhodnějšími vlastnostmi.

DRÁŽDIVOST A POHYBY ROSTLIN

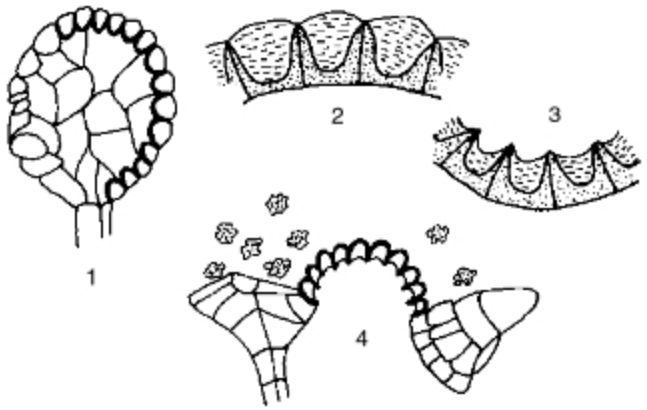
Pohyby rostlin můžeme rozdělit podle schématu:

FYZIKÁLNÍ POHYBY

jsou založeny na zákonitostech, které platí i pro neživou přírodu.

• **Hygroskopické pohyby** jsou umožněny bobtnavou schopností buněčné stěny *(např. otevírání a zavírání plodních šišek jehličnanů).*

• **Kohezní pohyby** jsou umožněny kohezí *(soudržností)* molekul vody a jejich přilnavostí *(adhezí)* k vnitřním stranám buněčných stěn *(např. otevírání výtrusnic kapradin).*



Kohezní pohyb výtrusnice kapradiny
1 – zavřená výtrusnice má prstenec jednostranně ztlustlých buněk, 2 – část prstence s buňkami plnými vody, 3 – po ztrátě vody se tenká blána vchlipuje dovnitř a vzniká pnutí, 4 – roztržená výtrusnice

VITÁLNÍ POHYBY

jsou výsledkem životních projevů rostliny.

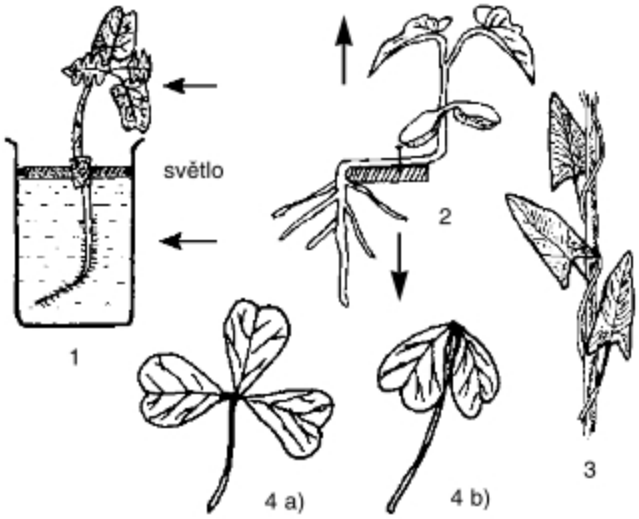
• **Pohyby lokomoční *(taxe)*** jsou pohyby z místa na místo. Pohyby jsou **indukované** *(vyvolané nějakým podrážděním)* a **orientované** *(ve směru nebo proti směru podráždění).* Vykonávají je jednobuněčné rostliny, např. zelené řasy se pohybují ze zastíněné části nádoby do osvětlené *(fototaxe).*

• **Pohyby ohybové** jsou takové, kdy se část rostliny zakřiví *(ohne).*

– **Tropismy** jsou indukované, orientované pohyby vyšších rostlin, které jsou kořeny upevněny v zemi. Například **fototropismus** vyvolává osvětlení z jednoho směru. Pozitivně fototropické *(ohýbají se za světlem)* jsou stonky a listové řapíky, negativně fototropický *(ohýbá se od světla)* je kořen. Pohyb ve směru nebo proti směru zemské tíže se označuje jako **geotropismus** *(nověji též **gravitropismus**).* Hlavní kořeny jsou kladně geotropické, stonky jsou záporně geotropické.

Thigmotropismy jsou ovíjivé pohyby úponků popínavých rostlin po dotyku s oporou.

Hydrotropismus je reakce na vodu. Např. některé kořeny mohou růst vzhůru, je-li v tomto směru více vody.



1 – kladný fototropismus stonku a záporný kořene,
2 – kladný geotropismus kořene a záporný stonku,
3 – ovíjivý *(levotočivý)* pohyb svlačce,
4 – listy šťavele ve dne a), v noci b)

– **Nastie** jsou indukované, neorientované *(všesměrné)* pohyby rostlin. Mohou je vyvolat změny teploty, změny intenzity světla, otřesy aj.

Termonastie se projevují otevíráním květů vlivem tepla a jejich zavíráním vlivem chladu *(tulipán, bledule).*

Fotonastie se projevují otevíráním a zavíráním květů vlivem změny intenzity světla *(mák vlčí, šafrán).*

Seismonastie se projevují sklápěním listů na dotek nebo otřes *(šťavel, citlivka)*, sklápění žláznatých chlupů *(rosnatka).*

Nyktinastie – spánkové pohyby, vyvolané střídáním dne a noci. Například sklápění listů *(šťavel, fazol)* na noc.

• **Samovolné** *(autonomní)* **pohyby** vykonávají rostliny bez vnějšího podráždění. Jsou to především pohyby růstové *(vyvolává je různě rychlý prodlužovací růst protilehlých částí téhož orgánu).* Rychlost růstu ovlivňují auxiny. Například stonek klíční rostlinky vyrůstající z půdy se kývá a kroutí *(nutační pohyby)*, čímž lépe proniká vrstvou půdy.

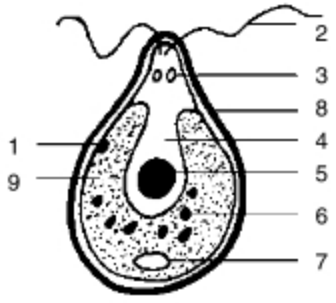
SYSTÉM ROSTLINNÉ ŘÍŠE

Podříše: **NIŽŠÍ ROSTLINY** *(Protobionta)*

Oddělení: **Ruduchy** *(Rhodophyta)*
Oddělení: **Zelené řasy** *(Chlorophyta)*

Jsou to převážně autotrofní rostliny, které obsahují v tylakoidech chloroplastů kromě **chlorofylu a**, ještě některý další druh **chlorofylu *(b, d)***. Tělo nižších rostlin tvoří jednobuněčná nebo mnohobuněčná **stélka** *(thallus)*. Ve stélce nejsou nikdy vodivé svazky cévní.

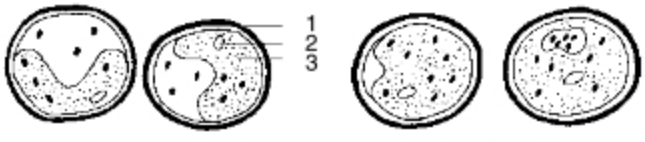
Stélky nižších rostlin jsou různého typu. Za nejjednodušší typ je považována **stélka bičíkatá** *(monadoidní)*, nejčastěji kapkovitého tvaru. Tělo je kryté pelikulou, celulózní buněčnou stěnou nebo je nahé. Je-li v buňce plastid, je v něm obvykle světločivná skvrna *(stigma)*. Sladkovodní druhy obsahují pulzující *(osmoregulační)* vakuolu. Na předním konci těla je jeden nebo několik bičíků.



1 – stigma,
2 – bičík,
3 – pulzující vakuola,
4 – cytoplazma,
5 – jádro,
6 – škrobová zrna,
7 – pyrenoid,
8 – buněčná stěna,
9 – chloroplast

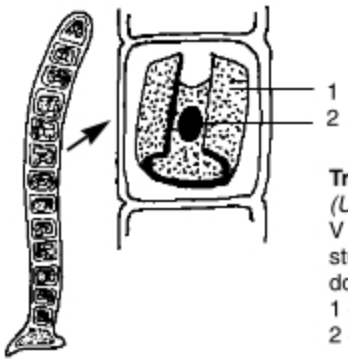
Bičíkatá stélka pláštěnky *(Chlamydomonas)*

• **Stélka kokální** jednobuněčná, jednojaderná, na povrchu s buněčnou stěnou. V buňkách nejsou stažitelné *(pulzující)* vakuoly, v plastidu není stigma. V mladých buňkách je chloroplast miskovitě zakřiven, ve starších buňkách pokrývá celý prostor pod buněčnou stěnou s výjimkou malého otvoru.



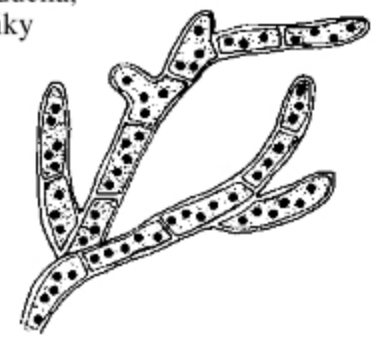
Kokální stélky zelenivky *(Chlorella)*
1 – buněčná stěna, 2 – pyrenoid, 3 – chloroplast

• **Stélka trichální** je vláknitá, mnohobuněčná, většinou z jednojaderných buněk s buněčnou stěnou. Vlákna jsou buď nevětvená, nebo jednoduše větvená.



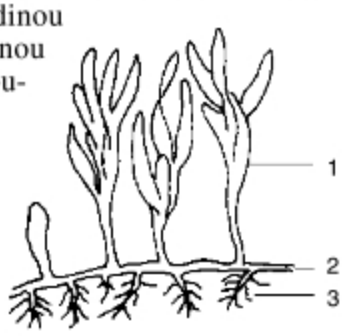
Trichální stélka kadeřnatky
(Ulothrix zonata)
V každé buňce je jeden stužkovitý chloroplast stočený do otevřeného prstence
1 – chloroplast
2 – jádro

• **Stélka sifonokladální** je vláknitá nebo vakovitá, větvená nebo jednoduchá, mnohobuněčná. Buňky opatřené buněčnou stěnou jsou mnohojaderné.



Sifonokladální stélka žabího vlasu
(Cladophora glomerata)

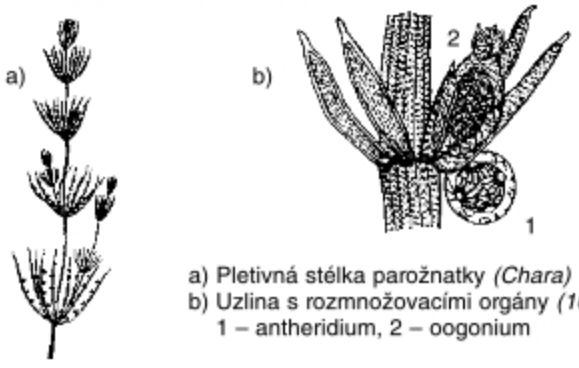
• **Trubicovitá *(sifonální)* stélka** je také vláknitá nebo vakovitá, avšak na rozdíl od sifonokladální stélky je tvořena jedinou velkou mnohojadernou buňkou, opatřenou buněčnou stěnou.



Trubicovitá stélka řasy
(Caulerpa prolifera)

1 – fyloidy,
2 – plazivé stolony,
3 – rhizoidy

• **Pletivná stélka** je mnohobuněčná, odvozená od stélky trichální. Je tvořena kauloidem, rozlišeným v delší buňky článkové a kratší buňky uzlinové, z nichž vyrůstají přesleny bočních větví. K podkladu přirůstá pomocí rhizoidů.



a) Pletivná stélka parožnatky *(Chara)*
b) Uzlina s rozmnožovacími orgány *(100x)*
1 – antheridium, 2 – oogonium

• **Rozmnožování řas** se vyznačuje velkou rozmanitostí. U řas převládá **gametofyt**, což je haploidní stélka, na které vznikají **gametangia**, v nichž se tvoří pohlavní buňky *(gamety)*. Gamety stejného tvaru

a velikostí, rozlišené pouze fyziologicky, se označují jako **izogamety** a jejich splývání je **izogamie**.

Gamety, které se liší velikostí jsou **anizogamety** a jejich splývání je **anizogamie**. Větší gameta je samičí.

Samičí gameta setrvávající v gametangiu, neschopná pohybu, se nazývá **vaječná buňka** ***(oosféra)***. Splynutí samčí pohlavní buňky s oosférou je **oogamie**. Splynutím gamet vzniká **zygota**. Jejím dělením vzniká diploidní **sporofyt**, na kterém se tvoří **výtrusnice – sporangia**. Ve výtrusnicích meiotickým dělením vznikají haploidní **výtrusy** ***(spory)***. Sporami se řasy nepohlavně rozmnožují. Nepohyblivé spory se nazývají **aplanospory**, pohyblivé jsou **zoospory**. Ze spor vyrůstá gametofyt. U některých řas dochází k pravidelnému střídání gametofytu se sporofytem. Toto střídání pohlavní a nepohlavní generace se označuje jako **rodozměna** ***(metageneze)***.

Oddělení: **Ruduchy** *(Rhodophyta)*

Červené řasy patří k nejstarším rostlinám na Zemi. Představují izolovanou větev, u které nedošlo k vytvoření bičíků. Jsou to řasy s jednobuněčnou i mnohobuněčnou stélkou *(vláknitou, pletivnou)*. Obsahují kombinaci fotosyntetických barviv: chlorofyl **a + d**, ß-karoten, modrý fykocyanin a červený fykoerytrin. Podle poměru barviv mají chromatofory ruduch různou barvu; od modrozelené až po jasně červenou. Zásobní látkou je ruduchový škrob. Buněčnou stěnu tvoří pektiny a jen z menší části celulóza. Jednobuněčné ruduchy se rozmnožují dělením, ostatní nepohlavně sporami nebo pohlavně. Pohlavní proces je oogamický. U ruduch je častá rodozměna *(metageneze)*. Žijí převážně v teplých mořích. Mohou růst i ve větších hloubkách, protože mohou využívat k fotosyntéze nepatrné množství světla, které již nestačí zeleným řasám a chaluhám. Vyluhováním buněčných stěn ruduch rodu **Gelidium** horkou vodou se získává **agar**, který se používá v potravinářství, při výrobě papíru a v mikrobiologických laboratořích k přípravě živných půd pro pěstování mikroorganismů.

Puchratka kadeřavá má zploštělou stélku *(5 až 25 cm)* vidličnatě větvenou, zkadeřenou, růžové až bledě fialové barvy. Puchratka je hojná v evropských mořích, přirostlá na kamenech. Po vyprání a vysušení na slunci vybledne. Vařením nabubří a mění se v rosol. *(Prodává se pod názvem* ***karagen****.)*

Puchratka kadeřavá
(Chondrus crispus)

V čistých horských vodách a rašelinných tůních se vyskytují druhy rodu **potěrka** *(Batrachospermum)*.

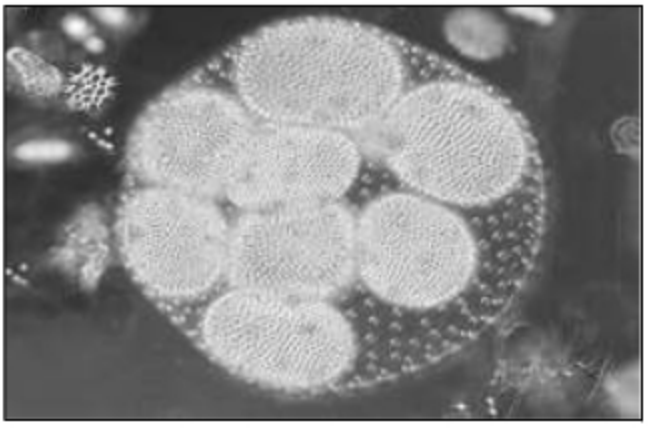
Oddělení: **Zelené řasy** *(Chlorophyta)*

Zelené řasy představují druhově velmi početnou skupinu. U zástupců tohoto oddělení se vyskytují všechny typy stélek. Asimilačními barvivy jsou chlorofyly **a + b** , karoten a různé xantofyly. Jejich chloroplasty obsahují bílkovinné tělísko – **pyrenoid** s vysokým obsahem enzymu RUBISCO *(viz doplněk str. 77)*, který se uplatňuje při vazbě oxidu uhličitého na sacharid pentózu v Calvinově cyklu Buněčná stěna je převážně celulózní. Zásobní látkou je škrob. Do oddělení zelených řas patří:

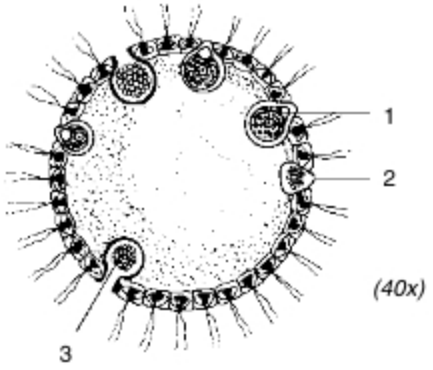
třída: **Zelenivky** *(Chlorophyceae)*
třída: **Kadeřnatkovité** *(Ulvophyceae)*
třída: **Trubicovkovité** *(Bryopsidophyceae)*
třída: **Spájivky** *(Conjugatophyceae, Zygnematophyceae)*
třída**: Parožnatky** *(Charophyceae)*

Třída: **ZELENIVKY** *(Chlorophyceae)*

Zahrnuje volně žijící nebo koloniální či cenobiální bičíkovce i stélkaté řasy. Bičíky v počtu 2–4 jsou stejně dlouhé. **Kolonie** je soubor buněk, držících pohromadě slizovými obaly a patřících k jedné nebo několika generacím. **Cenobia** jsou složitější buněčné soubory, vždy pravidelně uspořádané – všechny buňky patří k jedné generaci. Mezi zelenivky patří např. rod **pláštěnka** *(Chlamydomonas)*. Zajímavý je rod **váleč** *(Volvox)*, jehož **cenobia** vykazují největší dokonalost v uspořádání.



Cenobium váleče *(Volvox)*



Řez cenobiem váleče *(Volvox)*
1 – vaječná buňka, 2 – spermatozoidy, 3 – dceřiné cenobium

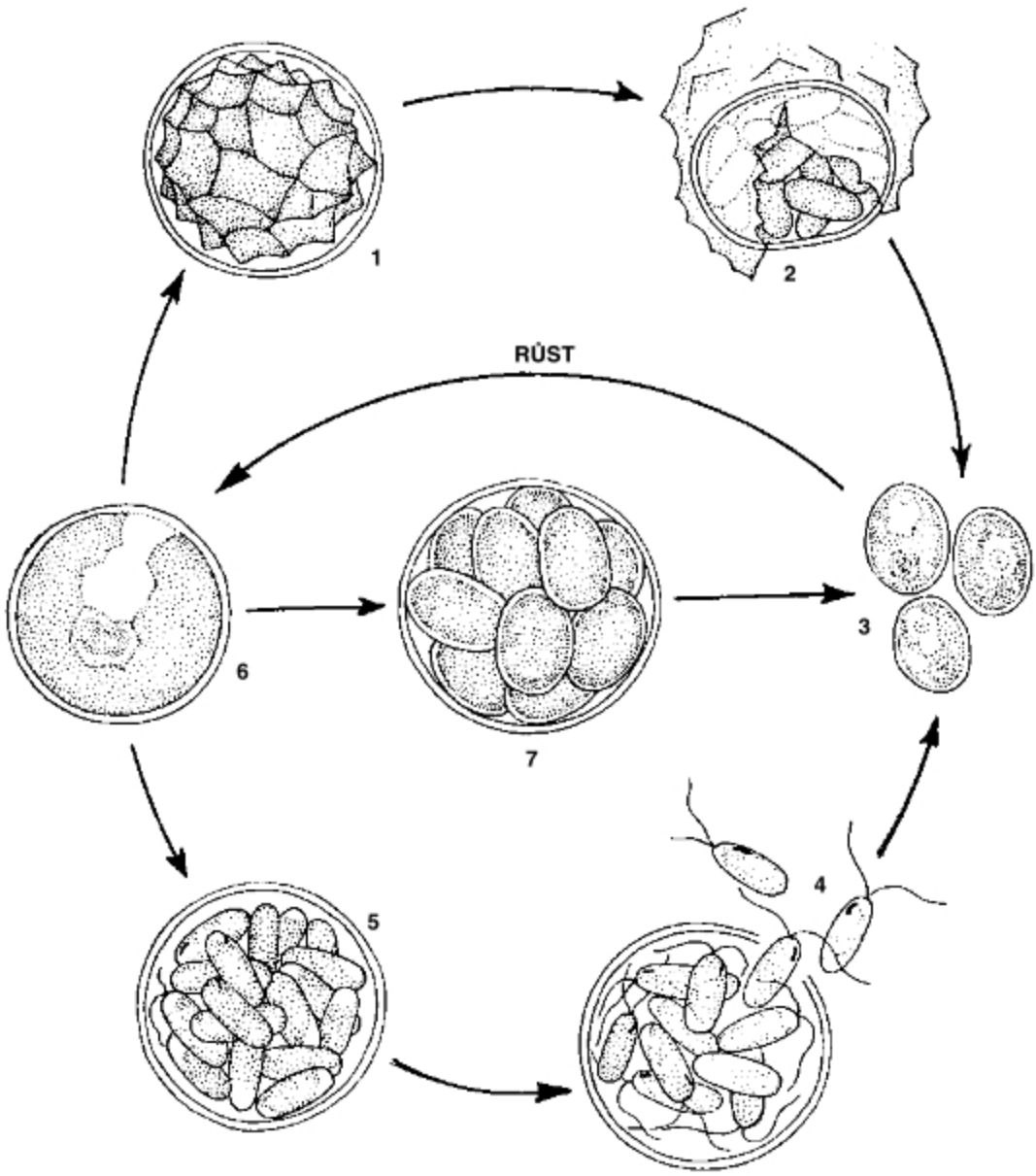
Jednobuněčné kulovité stélky mají rody **zrněnka** *(Protococcus)* a **zelenivka** *(Chlorella),* tvořící zelené, práškovité povlaky na různých podkladech.

Zrněnka *(400x)*

Řetízkovka *(400x)*

Chlorokokální řasy bývají převládající složkou ve sladkých vodách a v půdě. Jsou příčinou dlouhodobých zákalů pomalu tekoucích a stojatých vod. Společně s vodními květy sinic jsou hlavními producenty organické hmoty ve vodních nádržích v letním období. Snadno se pěstují v kulturách a byly použity pro studium průběhu fotosyntézy. V současné době jsou využívány pro genetické pokusy. Některé druhy se pěstují v hromadných kulturách jako zdroje bílkovin do krmných směsí pro hospodářská zvířata a k přípravě různých biologicky aktivních preparátů.

Rozmnožují se nepohlavně pohyblivými výtrusy *(zoosporami)* nebo nepohyblivými výtrusy *(aplanosporami)* Tvorbě nepohlavních výtrusů předchází mitotické dělení jádra. Po skončení jednoho jaderného dělení následuje ihned další. Jednotlivá dělení na sebe rychle navazují, takže po jejich ukončení vznikne uvnitř mateřské buňky několik dceřinných jader, okolo kterých se soustředí části cytoplazmy s chloroplasty, mitochondriemi a vakuolami. Buněčná stěna mateřské buňky praskne, vzniklé spory se uvolní do prostředí a dorostou v nové mateřské buňky. Za nepříznivých podmínek se přeměňují buňky na tlustostěnné **hypnospory**.



Životní cyklus chlorokokální řasy *(Chlorococcus hypnosporum)*
Při nepohlavním rozmnožování vznikají vnikají aplanospory (7) nebo zoospory (5, 4).
Mladé buňky (3) dorůstají v dospělé buňky (6). Za nepříznivých podmínek vznikají tlustostěnné hypnospory (1)

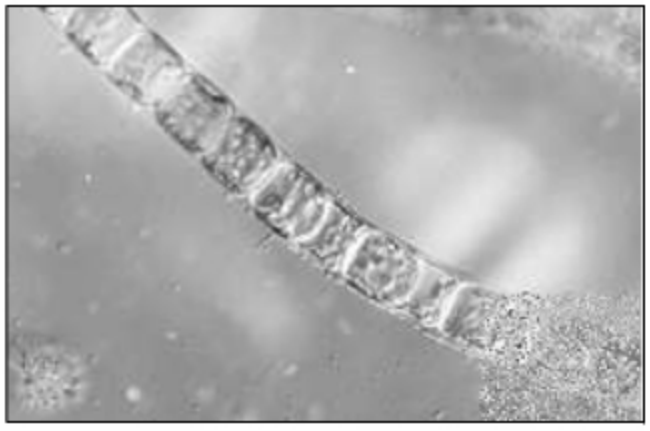
Třídy: **KADEŘNATKOVITÉ** *(Ulvophyceae)*
ŽABOVLASOVITÉ *(Cladophorophyceae)*
TRUBICOVKOVITÉ *(Bryopsidophyceae)*

Mají některé společné znaky . Patří mezi ně například **uzavřená mitóza** *(při mitóze nedochází k rozpadu jaderné membrány).*

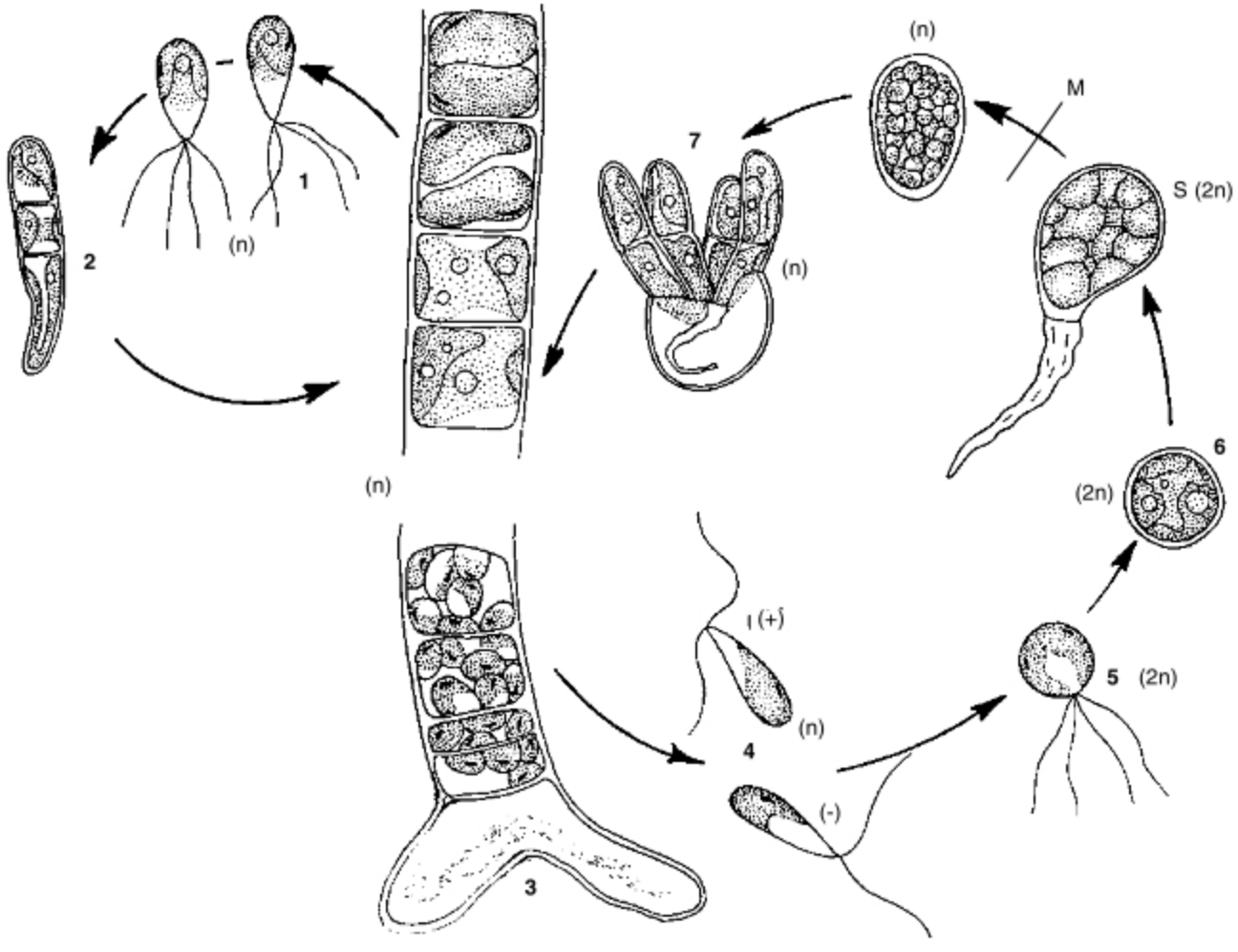
Z vláknitých řas s jednojadernými buňkami je známý rod **kadeřnatka** *(Ulothrix).* Je hojná v tekoucích vodách, zvláště v chladném období. V každé buňce je jediný prstencovitý chloroplast s pyrenoidem. Při rozmnožování můžeme u ní pozorovat rodozměnu *(metagenezi*). Nepohlavně se rozmnožuje čtyřbičíkatými zoosporami. Z nich vyrůstá haploidní vlákno *(gametofyt)* přisedající bazální buňkou k podkladu. Pohlavně se rozmnožuje izogamicky. Po kopulaci gamet vzniká čtyřbičíkatá pohyblivá diploidní **planozygota**, která se změní na nepohyblivou tlustostěnnou **zygosporu**. Z ní vyklíčí jednobuněčný **sporofyt** a po meiotickém dělení haploidní vlákna (*gametofyt)*

Listovitou dvouvrstevnou stélku má **Ulva lactuca** *(locika),* která se v přímořských oblastech pojídá jako tzv. mořský salát. Její stélka je vysoká 20–25 cm.

Ulva lactuca



Vlákno kadeřnatky *(Ulothrix)*

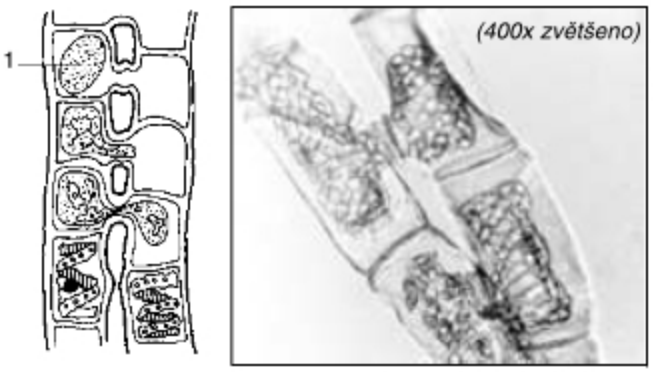


Životní cyklus kadeřnatky *(Ulothrix tenerrima)*
Při nepohlavním rozmnožování vznikají čtyřbičíkaté zoospory (1).
Vyrůstá z nich nové vlákno (2), přisedající bazální buňkou (3) k podkladu .
Po kopulaci gamet (4) vzniká pohyblivá planozygota (5). která se mění v tlustostěnnou zygosporu (6).
Z ní klíčí jednobuněčný sporofyt (S) a po meiotickém dělení (M) haploidní vlákna (7).

Třída: **SPÁJIVKY** *(Conjugatophyceae)*

jsou jednobuněčné nebo vláknité řasy. Pohlavně se rozmnožují **zygosporami**, vznikajícími pohlavním procesem – spájením *(konjugací)*.

Při tomto způsobu rozmnožování jako gamety vystupují celé protoplasty. Při klíčení zygospory dochází k redukčnímu dělení. Vegetativně se rozmnožují rozpadem vlákna na jednobuněčné nebo několikabuněčné fragmenty, jež dorůstají v nové jedince.



Spájení řasy šroubatky *(Spirogyra)*
Mezi dvěma různopohlavními vlákny se vytvoří po přiblížení konjugační kanálky, kterými se protoplasty z buněk jednoho vlákna *(pohlavní buňky)* přelejí do buněk druhého vlákna (pohlavních buněk). Splynutím protoplastů vzniknou zygoty, které vyloučením vody zahustí svůj obsah, vytvoří na povrchu tlustou blánu a mění se na zygosporu.

1 – zygospora

Třída: **PAROŽNATKY** *(Charophyceae)*

Makroskopické rostlinky upevněné **rhizoidy** v substrátu. Vývojově představují přechodnou skupinu mezi zelenými řasami a vyššími rostlinami

Jsou to řasy s pletivnými stélkami, tvarem připomínajícími přesličky *(viz obr. str. 44)*. Ve vápenatých vodách bývají jejich buněčné stěny silně inkrustovány uhličitanem vápenatým. Nejznámnější je rod **parožnatka** *(Chara)*. Rozmnožováním se liší od ostatních řas. **Chybí jim nepohlavní rozmnožování pomocí spor**. Vegetativně se rozmnožují rozpadem stélky nebo rozmnožovacími tělísky, která se zakládají mezi rhizoidy. Pohlavně se rozmnožují oogamicky. Jejich stélky *(5 až 90 cm)* rostou v mírně tekoucích a stojatých vodách na písčitých nebo bahnitých dnech, na nichž vytvářejí rozsáhlé porosty. V moři zcela chybějí, rostou však v brakických vodách a slaných vnitrozemních vodách.

VYŠŠÍ ROSTLINY
(Cormobionta)

Oddělení: **Ryniofyty** *(Rhyniophyta)*
Oddělení: **Mechorosty** *(Bryophyta)*
Oddělení: **Plavuně** *(Lycopodiophyta)*
Oddělení: **Přesličky** *(Equisetophyta)*
Oddělení: **Kapradiny** *(Polypodiophyta)*
Oddělení: **Rostliny lyginodendrové** *(Lyginodendrophyta)*
Oddělení: **Cykasy** *(Cycadophyta)*
Oddělení: **Jinany** *(Ginkgophyta)*
Oddělení: **Jehličnany** *(Pinophyta)*
Oddělení: **Krytosemenné** *(Magnoliophyta)*

Jsou převážně autotrofní *(druhotně též heterotrofní)* eukaryotické organismy, které se vyvíjely jako součást zelené větve rostlin. Tělo vyšších rostlin *(kormus)* má soustavu vodivých a krycích pletiv.

- **Evoluce**

Vyvinuly se ze starobylých zelených řas pravděpodobně v kambriu, kdy zvyšující se obsah kyslíku v atmosféře umožnil vznik ozónové vrstvy, která zachycuje většinu ultrafialového záření, dopadajícího na Zemi ze Slunce. Do té doby se vyvíjely jako vodní rostliny. Přechod z vody na souš se odehrál pravděpodobně při pobřeží moří, kde určité zóny se všemi organismy se dostávaly periodicky po určitou dobu mimo vodní prostředí. Přechod k životu na souši dal vzniknout **kořenům**, které rostlinu v zemi upevňují a současně z ní čerpají vodu s rozpuštěnými minerálními živinami. V nadzemních částech se vytvořila **pletiva vodivá**, **pletiva zpevňovací** a **pletiva krycí**. Od samého počátku lze pozorovat neustále se prohlubující vnější a vnitřní diferenciaci rostlinných těl.

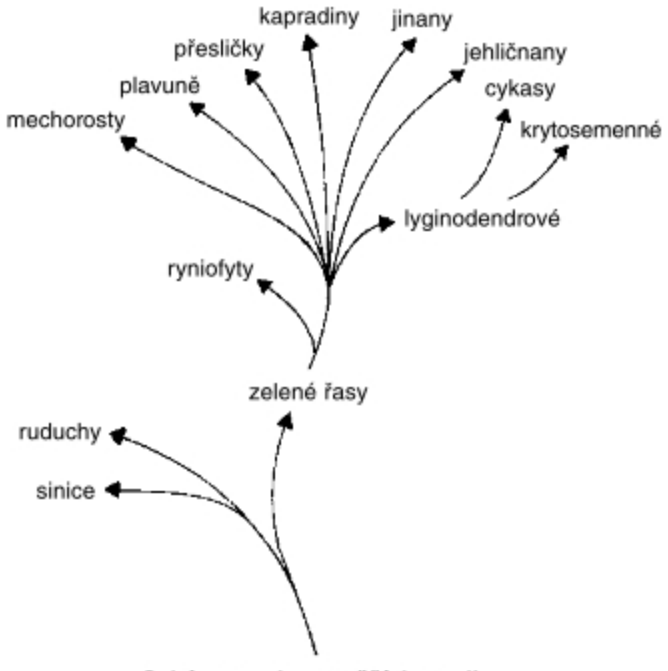
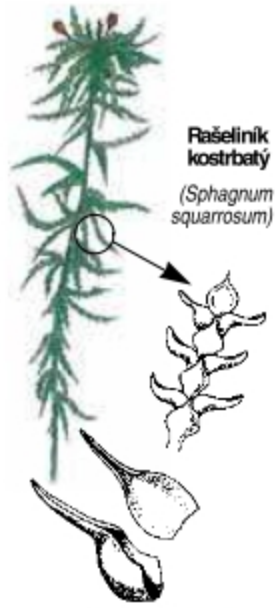


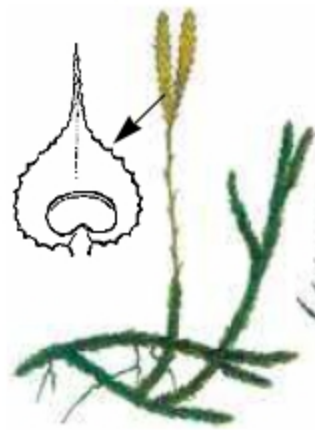
Schéma evoluce vyšších rostlin

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: ROSTLINY, HOUBY A LIŠEJNÍKY

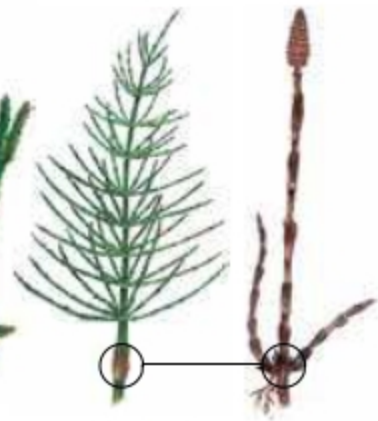
Porostnice mnohotvárná
(Marchantia polymorpha)



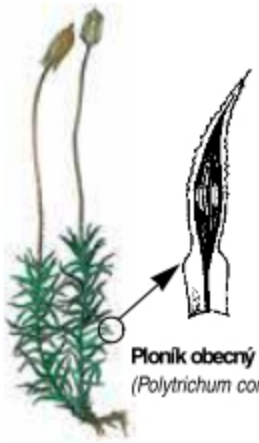
Rašeliník kostrbatý
(Sphagnum squarrosum)



Plavuň vidlačka
(Lycopodium clavatum)

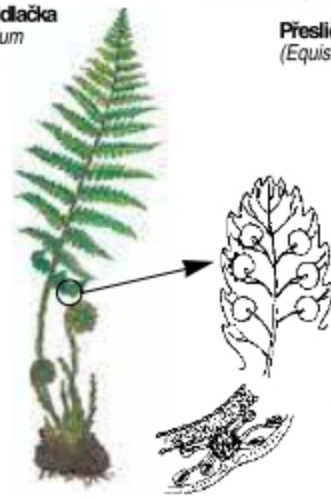


Přeslička rolní
(Equisetum arvense)



Ploník obecný
(Polytrichum commune)

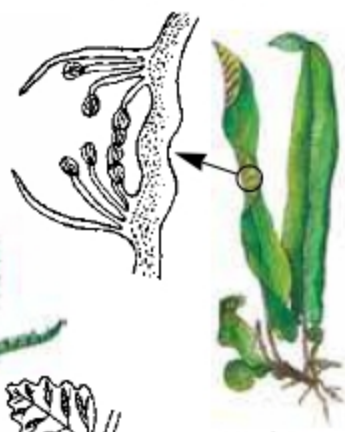
Měřík příbuzný
(Mnium affine)



Kapraď samec *(Dryopteris filix-mas)*

Jazyk hadí
(Ophioglossum vulgatum)

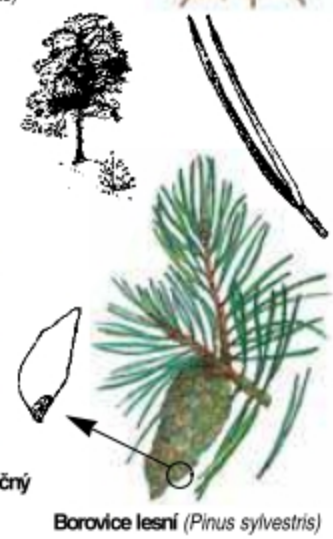
Žebrovice různolistá
(Blechnum spicant)



Jelení jazyk
(Phyllitis scolopendrium)

(Ginkgo biloba)

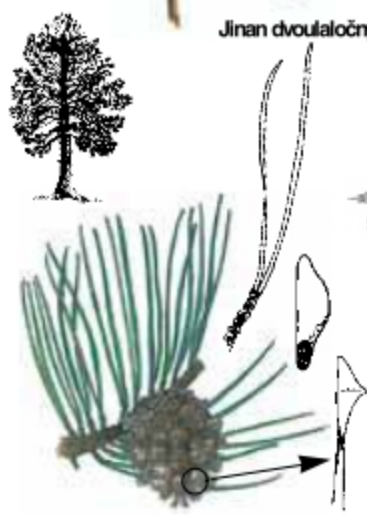
Jinan dvoulaločný



Borovice lesní *(Pinus sylvestris)*

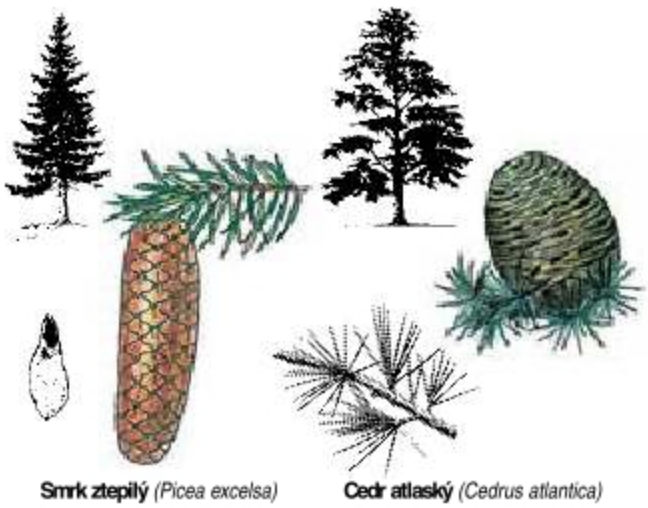
Osladič obecný
(Polypodium vulgare)

Slezinník červený
(Asplenium trichomanes)



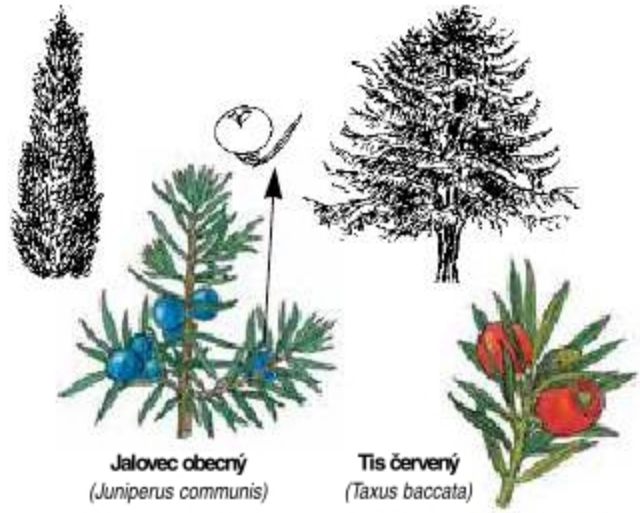
Borovice černá *(Pinus nigra)*

Borovice vejmutovka *(Pinus strobus)*



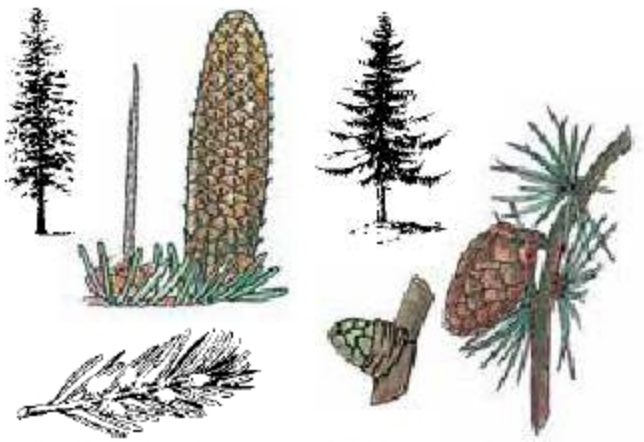
Smrk ztepilý *(Picea excelsa)*

Cedr atlaský *(Cedrus atlantica)*



Jalovec obecný
(Juniperus communis)

Tis červený
(Taxus baccata)



Jedle bělokorá *(Abies alba)*

Modřín opadavý *(Larix decidua)*

Douglaska tisolistá
(Pseudotsuga taxifolia)

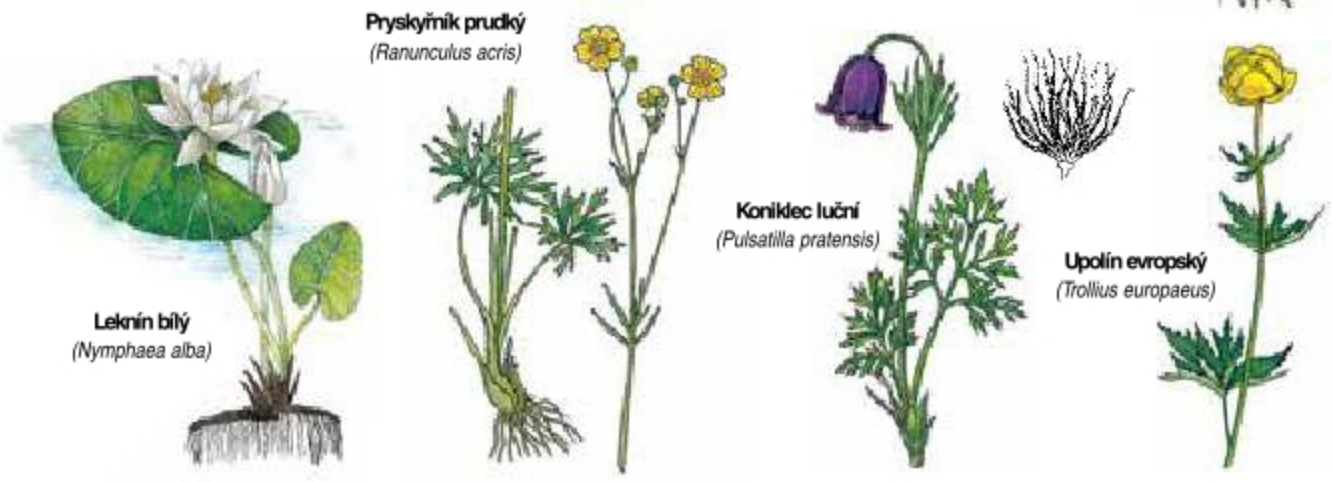
Cypřiš vždyzelený
(Cupressus sempervirens)

Šácholan obvejčitý
(Magnolia obovata)

Liliovník tulipánokvětý
(Liriodendron tulipifera)

Orsej jarní
(Ficaria verna)

Blatouch bahenní
(Caltha palustris)



Leknín bílý
(Nymphaea alba)

Pryskyřník prudký
(Ranunculus acris)

Koniklec luční
(Pulsatilla pratensis)

Upolín evropský
(Trollius europaeus)

Sasanka hajní

(Anemone nemorosa)

Oměj šalamounek

(Aconitum napellus)

Jaterník podléška

(Hepatica nobilis)

Ostrožka stračka

(Consolida regalis)

Dřišťál obecný

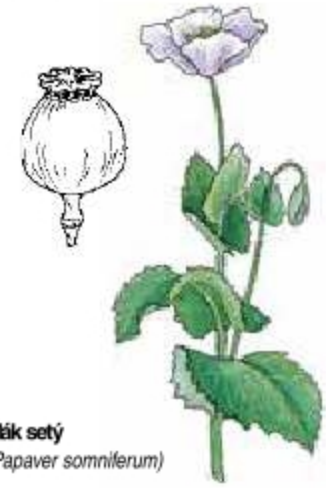
(Berberis vulgaris)

Hlaváček jarní

(Adonis vernalis)

Mák vlčí

(Papaver rhoeas)



Mák setý

(Papaver somniferum)

Vlastovičník větší

(Chelidonium majus)

Dymnivka dutá

(Corydalis cava)

Řepka olejka

(Brassica arvensis var. oleifera)

Řeřišnice luční

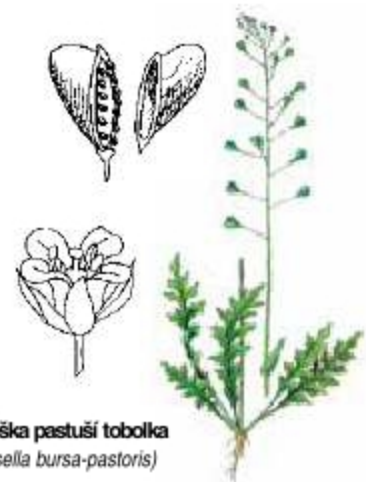
(Cardamine pratensis)

Srdcovka nádherná

(Dicentra spectabilis)

Zemědým lékařský

(Fumaria officinalis)

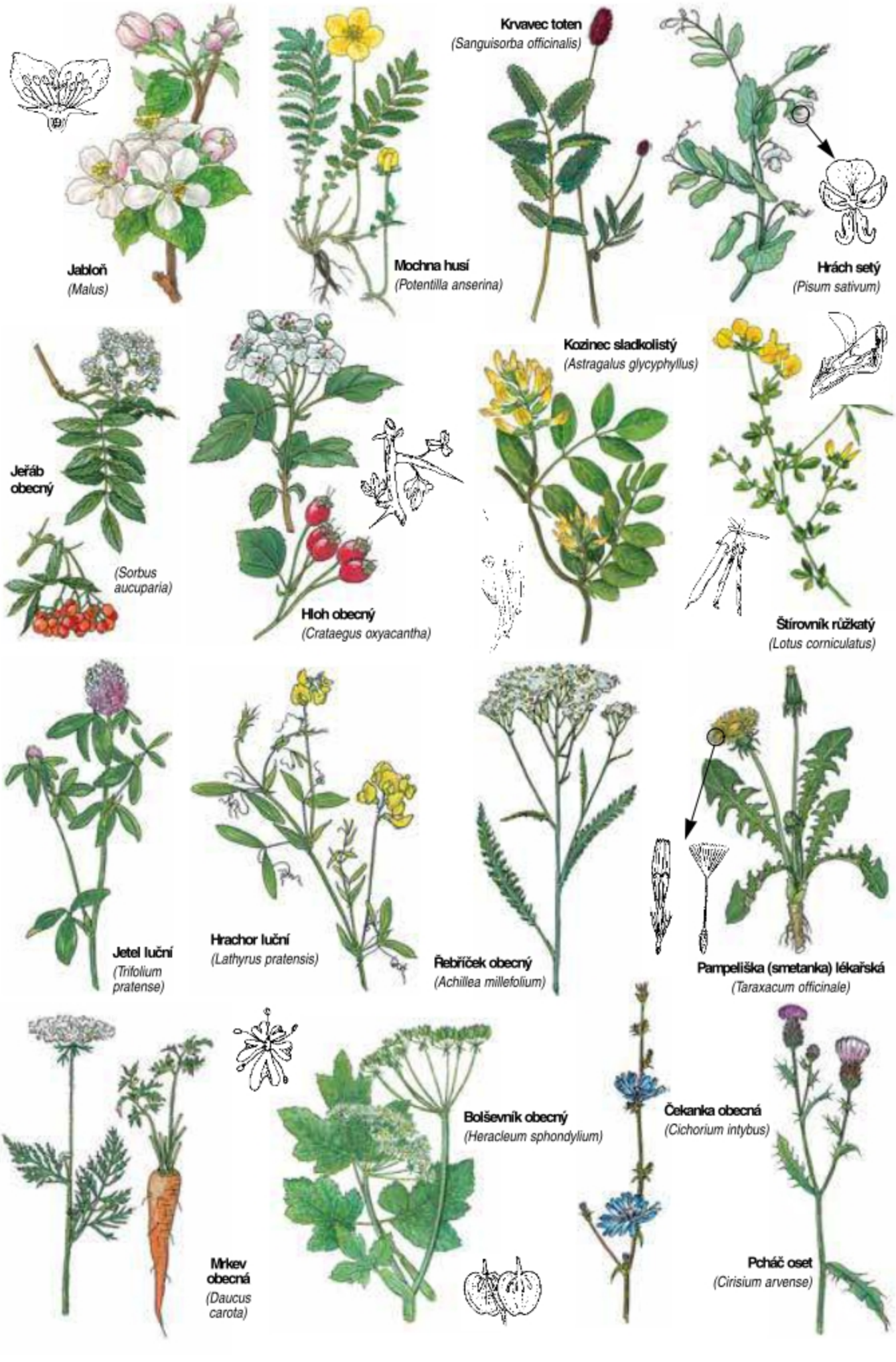


Kokoška pastuší tobolka

(Capsella bursa-pastoris)

Růže šípková

(Rosa canina)


Jabloň
(Malus)
Mochna husí
(Potentilla anserina)
Krvavec toten
(Sanguisorba officinalis)
Hrách setý
(Pisum sativum)
Jeřáb obecný
(Sorbus aucuparia)
Hloh obecný
(Crataegus oxyacantha)
Kozinec sladkolistý
(Astragalus glycyphyllus)
Štírovník růžkatý
(Lotus corniculatus)
Jetel luční
(Trifolium pratense)
Hrachor luční
(Lathyrus pratensis)
Řebříček obecný
(Achillea millefolium)
Pampeliška (smetanka) lékařská
(Taraxacum officinale)
Mrkev obecná
(Daucus carota)
Bolševník obecný
(Heracleum sphondylium)
Čekanka obecná
(Cichorium intybus)
Pcháč oset
(Cirisium arvense)

Chrpa polní (modrák)
(Centaurea cyanus)

Lilek brambor
(Solanum tuberosum)

Durman obecný
(Datura stramonium)

Tabák virginský *(Nicotiana tabacum)*

Jitrocel kopinatý
(Plantago lanceolata)

Lilek potměchuť
(Solanum dulcamara)

Hluchavka bílá
(Lamium album)

Šalvěj luční
(Salvia pratensis)

Merlík bílý
(Chenopodium album)

Kopřiva dvoudomá
(Urtica dioica)

Lilie zlatohlavá
(Lilium martagon)

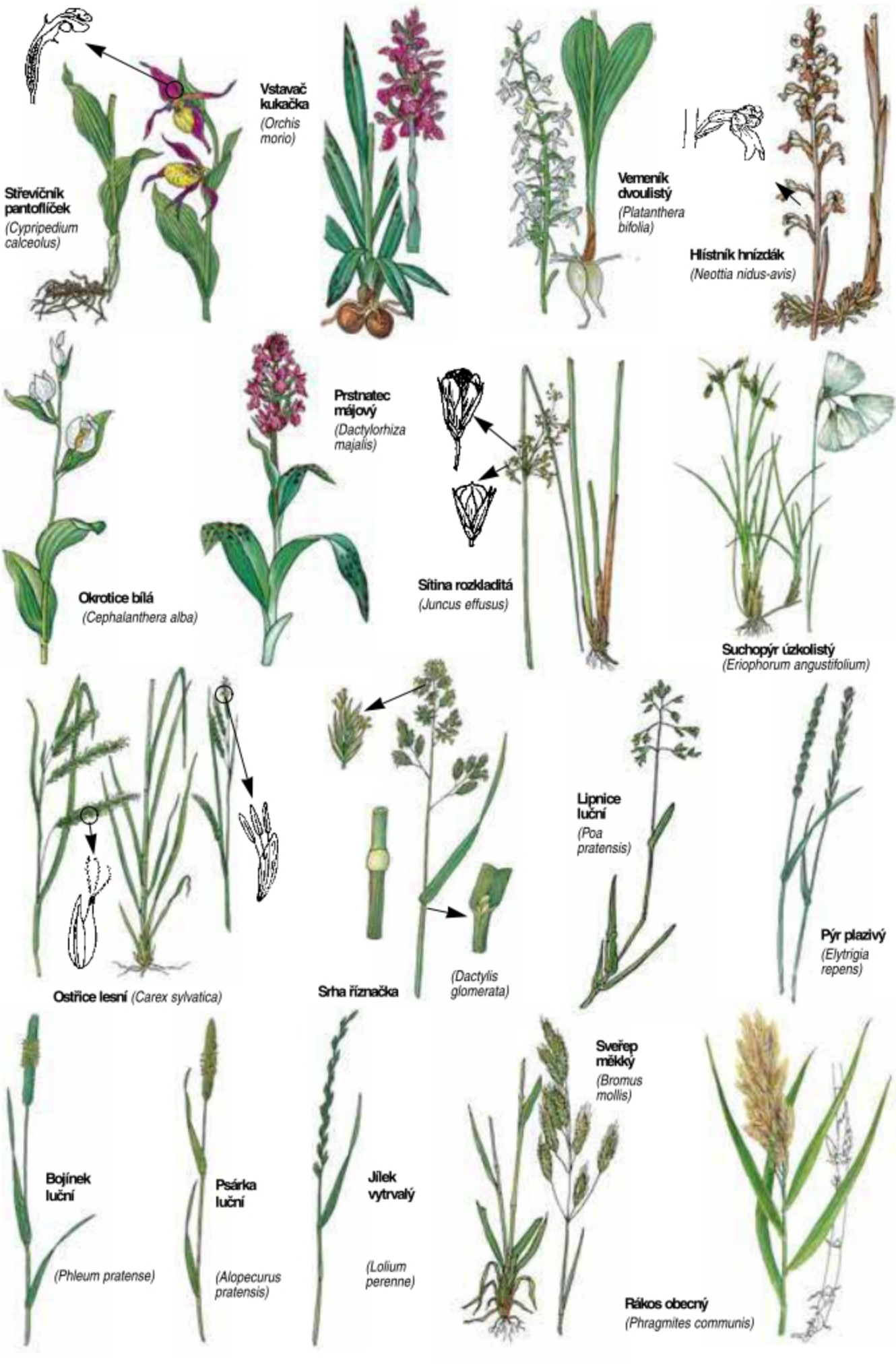
Kokořík mnohokvětý
(Polygonatum multiflorum)

Tulipán zahradní
(Tulipa gesneriana)

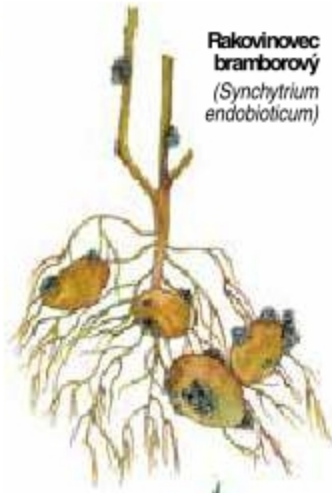
Vraní oko
(Paris quadrifolia)

Kosatec žlutý
(Iris pseudacorus)

Šafrán jarní
(Crocus vernus)


Střevičník pantoflíček
(Cypripedium calceolus)
Vstavač kukačka
(Orchis morio)
Vemeník dvoulistý
(Platanthera bifolia)
Hlístník hnízdák
(Neottia nidus-avis)
Okrotice bílá
(Cephalanthera alba)
Prstnatec májový
(Dactylorhiza majalis)
Sítina rozkladitá
(Juncus effusus)
Suchopýr úzkolistý
(Eriophorum angustifolium)
Ostřice lesní (Carex sylvatica)
Srha říznačka
(Dactylis glomerata)
Lipnice luční
(Poa pratensis)
Pýr plazivý
(Elytrigia repens)
Bojínek luční
(Phleum pratense)
Psárka luční
(Alopecurus pratensis)
Jílek vytrvalý
(Lolium perenne)
Sveřep měkký
(Bromus mollis)
Rákos obecný
(Phragmites communis)

Nádorovka kapustová
(Plasmodiophora brassicae)



Rakovinovec bramborový
(Synchytrium endobioticum)

Paličkovice nachová
(Claviceps purpurea)

Rakovina větví

Plíseň bramborová
(Phytophthora infestans)

Vřetenatka révová
(Plasmopara viticola)

Hrušeň napadená strupatkou
(Venturia pirina)

Monilióza švestek

Padlí jabloňové
(Podosphaera leucotricha)

Monilióza jablek

Žampion polní
(Agaricus campestris)

Václavka obecná
(Armillaria mellea)

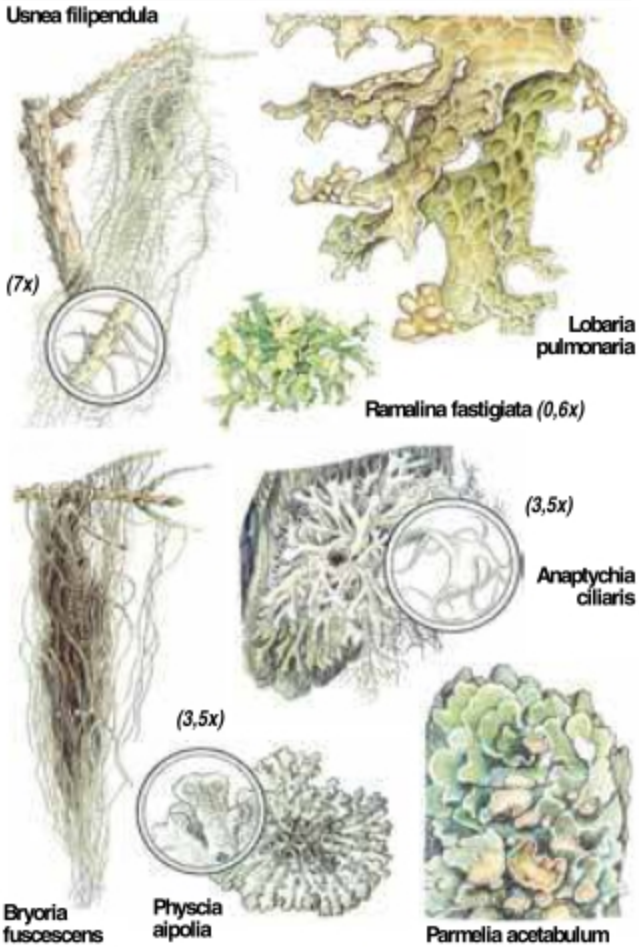
Smrž obecný *(Morchella esculenta)*

Chřapáč kadeřavý *(Helvella crispa)*

Sírovec žlutooranžový *(Laetiporus sulphureus)*

Hřib kovář
(Boletus erythropus)

LIŠEJNÍKY VELMI CITLIVÉ *(max. koncentrace SO_2 50 $\mu g \cdot m^{-3}$)*



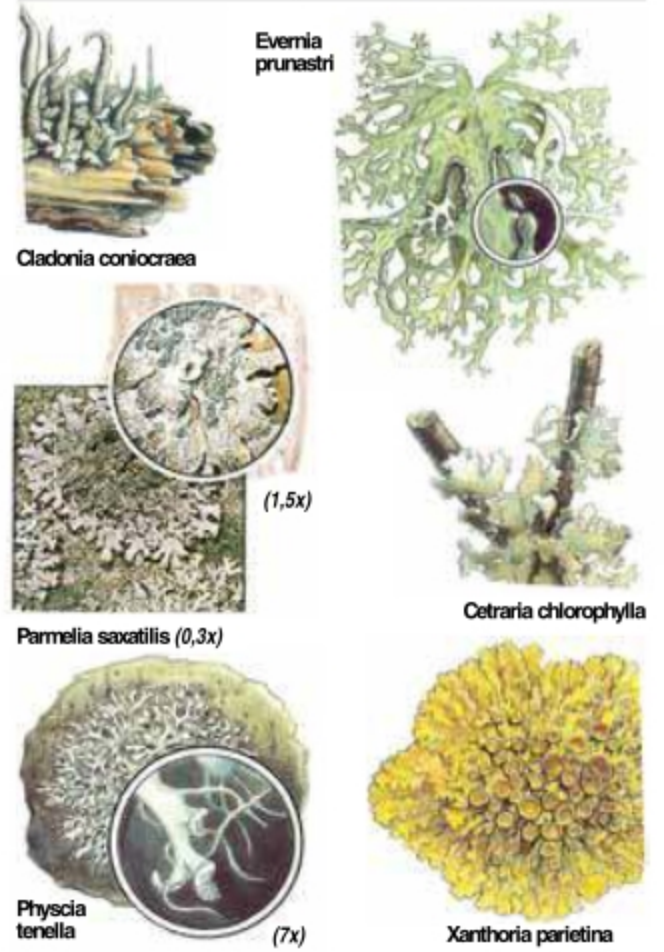
Hodnocení znečištění ovzduší podle výskytu lišejníků

Kontrola znečištění ovzduší může být prováděna sledováním výskytu lišejníků. Hynutí lišejníků na patách kmenů *(kde jinak lišejníky nejdéle přežívají)* svědčí o spadu jedovatého popílku na sněhovou vrstvu a ukazuje to i na výšku sněhové pokrývky v době spadu. K běžné kontrole spadu a jeho změn může sloužit nejhojnější lišejník Hypogymnia physodes *(terčovka bublinatá)*. Její odumírání se projevuje okrovým zbarvením stélek, jehož srovnáním na větším počtu kmenů lze zjistit i směr, odkud emise přišly. Podle regenerace stélek světle šedými laloky lze soudit na snížení emisí po odstranění jejich zdroje, případně nahrazením jiným typem energetického zdroje.

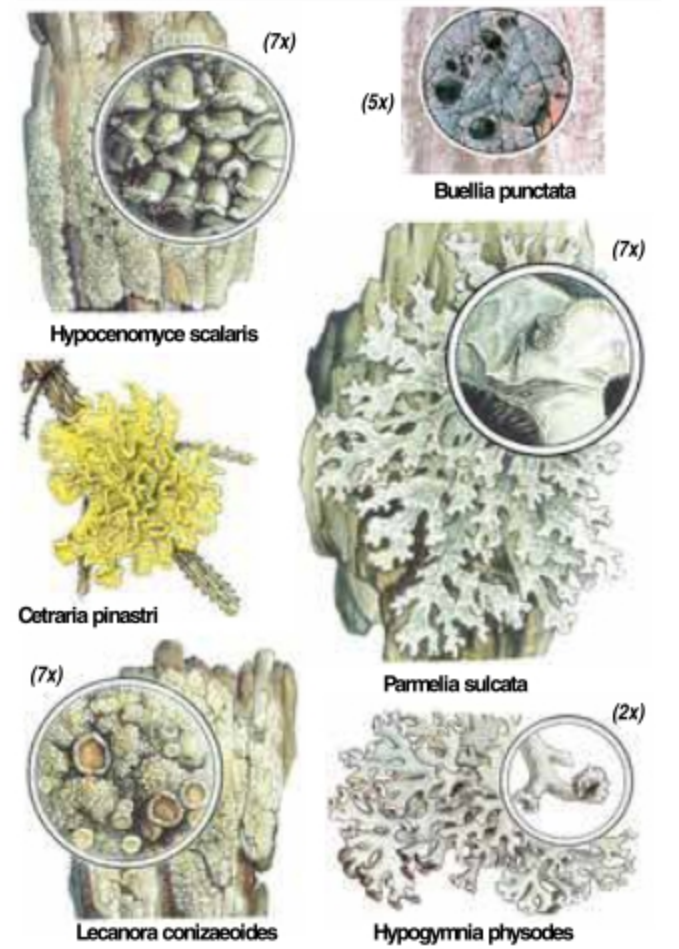
Následující obrazová příloha uvádí některé druhy lišejníků a jejich citlivost na obsah oxidu siřičitého ve vzduchu.

LIŠEJNÍKY STŘEDNĚ CITLIVÉ *(max. koncentrace SO_2 50–60 $\mu g \cdot m^{-3}$)*

LIŠEJNÍKY MÁLO CITLIVÉ *(max. koncentrace SO_2 60–70 $\mu g \cdot m^{-3}$)*

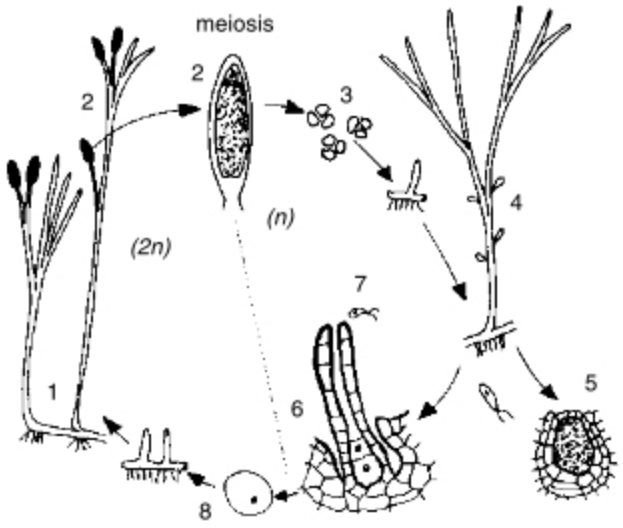


LIŠEJNÍKY RELATIVNĚ TOLERANTNÍ *(max. koncentrace SO_2 130 $\mu g \cdot m^{-3}$)*



Oddělení: **Ryniofyty** *(Rhyniophyta)*

Dosud nejjednodušší známé vyšší rostliny, které rostly v siluru a devonu v mělkých vodách a na bahnitých pobřežích. Jejich tělo tvořil jen stonek, jehož středem probíhal **dřevostředný cévní svazek**. Podzemní části, které měly funkci kořene, se označují jako **rhizomoidy**. Nadzemní části *(mezomy)* se vidličnatě větvily. Koncové části od rozvětvení k vrcholu stonku se označují jako **telomy**. Telomy byly buď **sterilní** *(s asimilační funkcí)*, nebo **fertilní** *(zakončené výtrusnicemi)*. Ve výtrusnicích meiózou vznikaly haploidní nepohyblivé výtrusy *(spory)*, ze kterých vyrůstaly **haploidní gametofyty**, nesoucí samčí a samičí pohlavní orgány. Spojením samčí haploidní buňky se samičí haploidní pohlavní buňkou *(vaječnou)* vznikla **diploidní zygota**, ze které vyrostl **diploidní sporofyt** zakončený výtrusnicemi. Pro ryniofyty byla tedy příznačná rodozměna. Gametofyty i sporofyty se shodovaly velikostí i tvarem. Šlo tedy o **rodozměnu izomorfickou**. Ryniofyty dosahovaly menšího keřovitého vzrůstu.



Střídání fází u Ryniofyt
1 – sporofyt, 2 – výtrusnice *(sporangium)*, 3 – výtrusy, 4 – gametofyt, 5 – pelatka *(antheridium)*, 6 – zárodečník *(archegonium)*, 7 – spermatozoid, 8 – zygota

Oddělení: **Mechorosty** *(Bryophyta)*

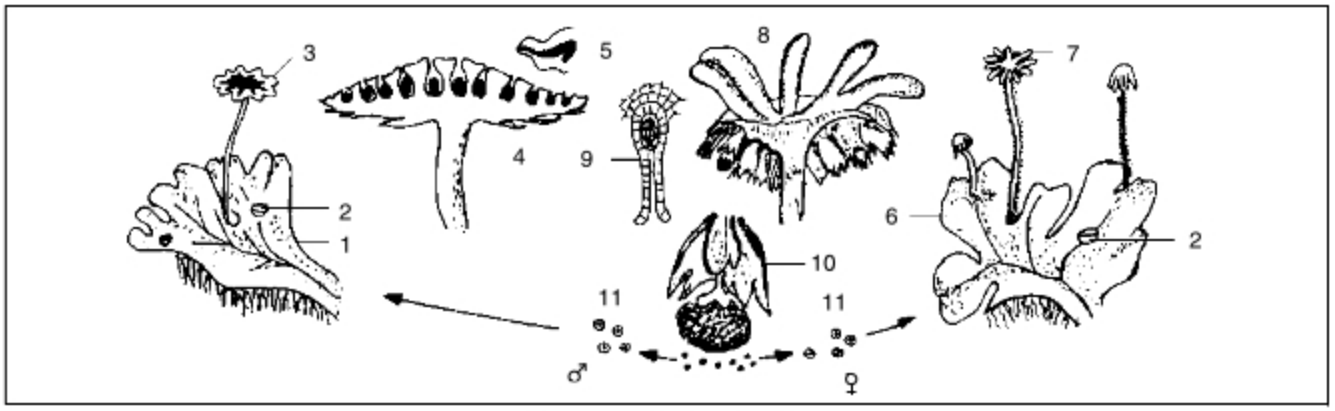
Jsou zelené výtrusné rostliny, u nichž soustava vodivých pletiv dosáhla jen omezeného stupně vývoje, nebo byla druhotně potlačena. V **individuálním vývoji má převahu gametofyt nad sporofytem**. Vývojově původnější zástupci mají **lupenitou stélku**, vývojově mladší mají stélku rozlišenou na příchytná vlákna *(rhizoidy)*, lodyžku *(kauloid)* a lístky *(fyloidy)*. Některé druhy mají v kauloidu vodivé pletivo – provazce protáhlých buněk, zprostředkujících rozvádění vody a živin *(nejde o svazky cévní, cévy ani sítkovice nejsou přítomny)*.

Na gametofytu se tvoří **samčí gametangia** *(pelatky, antheridia)*, ve kterých se tvoří spermatozoidy a **samičí gametangia** *(zárodečníky, archegonia)*, ve kterých je po jedné vaječné buňce. Oplození probíhá ve vodním nebo vlhkém prostředí a z oplozené vaječné buňky *(zygoty)* vyrůstá **sporofyt**, představovaný štětem s tobolkou.

Tobolka je výtrusnice, ve které meiózou vznikají haploidní výtrusy. Z výtrusu vyklíčí **prvoklíček** *(protonema)*, z něhož se vyvine stélka.

Do třídy **játrovek** *(Marchantiopsida)* patří například hojně rozšířený druh **porostnice mnohotvárná** *(Marchantia polymorpha)*. Vytváří laločnaté dvoudomé gametofyty. Na samčích gametofytech vyrůstají samčí terče nesoucí na svrchní straně pelatky, ve kterých se tvoří dvoubičíkaté spermatozoidy. Na samičích gametofytech vyrůstají samičí, hluboce laločnaté terče, na jejichž spodní straně, hrdlem dolů, visí zárodečníky. Z oplozené vaječné buňky se vyvine krátký štět s tobolkou. Výtrusy jsou fyziologicky rozlišené, vyklíčí v prvoklíčky dávající vznik samčím nebo samičím gametofytům. Gametofyty jsou tedy dvoudomé. Nepohlavně se játrovka rozmnožuje tělísky vznikajícími v pohárcích na gametofytech.

Významnou třídou jsou **mechy** *(Bryopsida)*. Rostou zpravidla pospolitě a pokrývají celé velké plochy. Gametofyty jsou buď jednodomé, nebo dvoudomé.

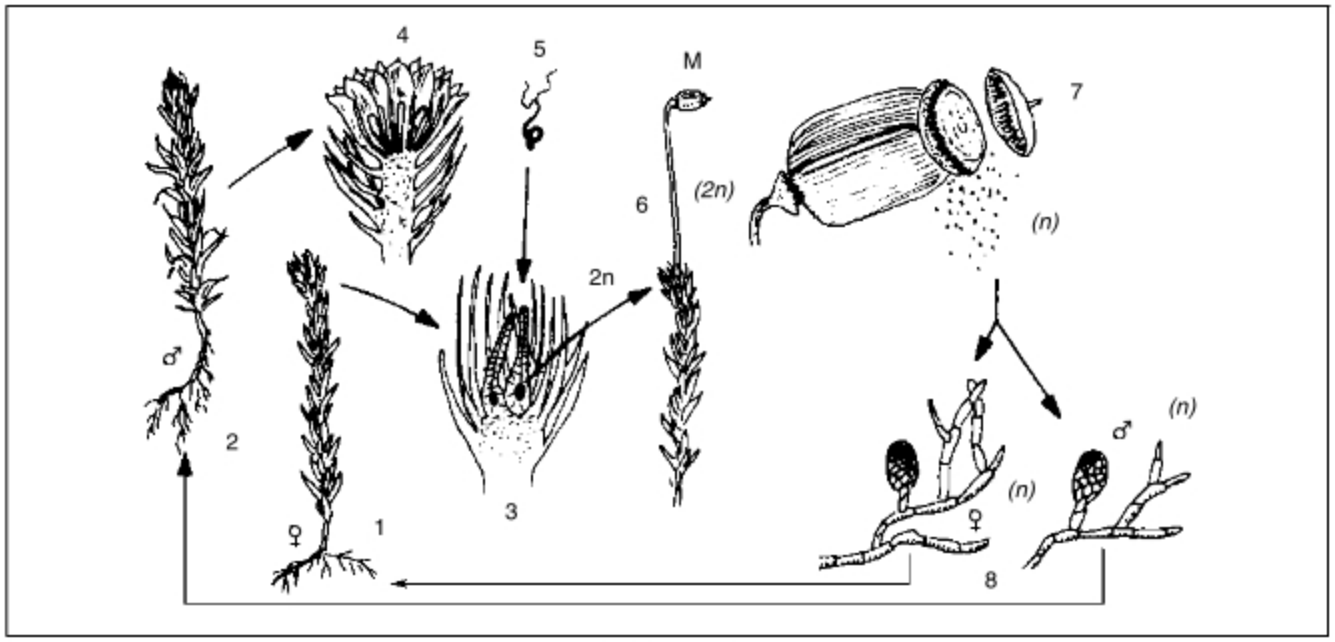


Porostnice mnohotvárná
1 – samčí gymetofyt, 2 – pohárky, 3 – samčí terč, 4 – podélný řez samčím terčem s pelatkami, 5 – spermatozoid, 6 – samičí gametofyt, 7 – samičí terč, 8 – podélný řez samičím terčem se zárodečníky na spodní straně, 9 – zárodečník s vaječnou buňkou, 10 – štět s tobolkou, 11 – výtrusy

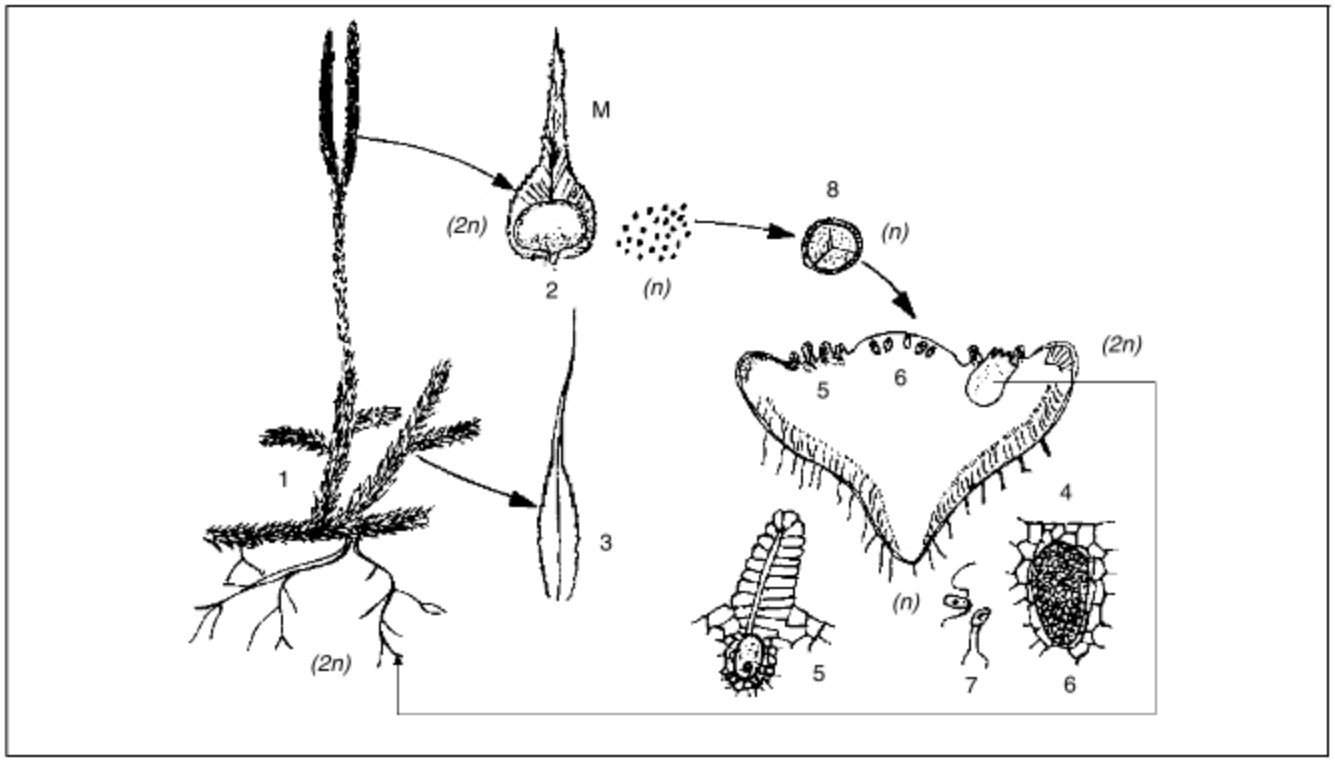
Naším nejběžnějším mechem je **ploník** *(Polytrichum)*. Na nevápnitých zamokřených půdách roste **rašeliník** *(Sphagnum)*. Rostliny na bázi odumírají, na vrcholu stále dorůstají. Z odumřelých částí se postupně vytvářejí vrstvy rašeliny. Lístky rašeliníku obsahují úzké buňky s chloroplasty *(chlorocysty)*, obklopené velkými odumřelými buňkami s otvory ve stěnách *(hyalocystami)*, které za sucha jsou vyplněny vzduchem, za deště vodou, kterou dlouho zadržují.

Význam mechorostů v přírodě je obrovský. Chrání půdu před erozí, ovlivňují vodohospodářský režim krajiny, poskytují rašelinu.

• **Evoluce** mechorostů je dosud neobjasněná. Existuje domněnka, že je lze odvozovat od primitivních kapraďorostů zpětným *(regresivním)* vývojem. Jsou známé již z karbonu a od té doby nedoznaly ve své organizaci podstatných změn.



Ploník obecný
1 – samičí gametofyt, 2 – samčí gametofyt, 3 – zakončení gametofytu se zárodečníky, 4 – zakončení gametofytu s pelatkami, 5 – spermatozoid, 6 – štět s tobolkou, 7 – tobolka otevírající se víčkem, 8 – prvoklíčky



Plavuň vidlačka
1 – sporofyt, 2 – výtrusný list s výtrusnicí, 3 – asimilační list, 4 – jednodomý prokel *(prothallium)*, 5 – zárodečníky, 6 – pelatky, 7 – spermatozoidy, 8 – výtrus

Oddělení: **Plavuně** *(Lycopodiophyta)*

Jsou rostliny s převahou sporofytu nad gametofytem. Jejich zástupcem u nás je **plavuň vidlačka** *(Lycopodium clavatum)*. Její sporofyt je vyvinut jako trvalá vždyzelená bylina s tenkým vidličnatě větveným stonkem, který se plazí po zemi a z něho vyrůstají adventivní kořeny. Dřevní část paprsčitých svazků cévních obsahuje jen cévice. Stonek je porostlý šroubovitě rozestavenými šídlovitými asimilačními lístky *(trofofyly)*. Některé větve stonku jsou vzpřímené ve spodní části hustě a v horní části řídce porostlé asimilačními lístky a ukončené klasem výtrusných lístků *(sporofylů)*. Výtrusné lístky nesou na svrchní straně ledvinitou výtrusnici, ve které meiózou vznikají haploidní výtrusy. Z výtrusu vyklíčí **jednodomý prokel** *(3 až 5 mm)*, představující gametofyt, nesoucí pelatky i zárodečníky. Z oplozené vaječné buňky vyroste nový sporofyt.

Plavuně jsou chráněnými rostlinami. Výtrusů plavuně vidlačky se používá k přípravě zasýpacích prášků.

- **Evoluce**

Vyvinuly se pravděpodobně z některé primitivní skupiny ryniofyt. Největšího rozšíření dosáhly v devonu a v karbonu, na jehož konci silně ustoupily. Přežily většinou jen typy bylinného vzrůstu.

Oddělení: **Přesličky** *(Equisetophyta)*

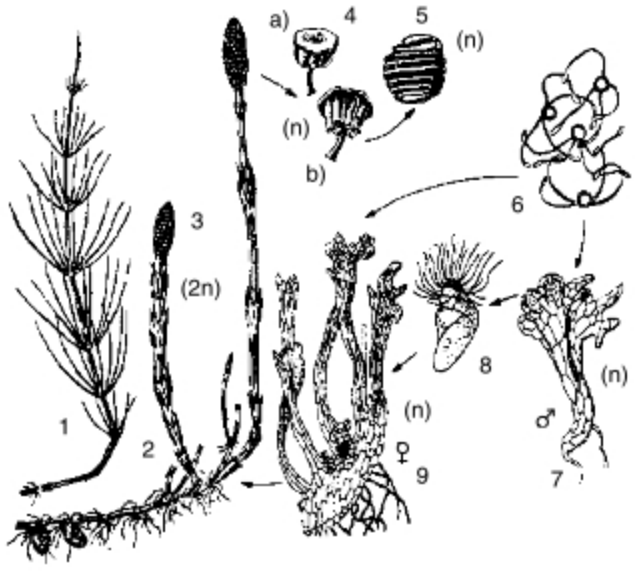
Současné rostliny jsou bylinného vzrůstu. Jejich představitelem u nás je **přeslička rolní** *(Equisetum arvense)*. Je to vytrvalá bylina, jejíž sporofyt přečkává v zemi plazivým článkovitým oddenkem. Z oddenků vyrůstají na jaře **nezelené jarní lodyhy**, zakončené výtrusným klasem. Po vyprášení výtrusů zasychají. Později z oddenků vyrůstají jalové, **zelené letní lodyhy**. Asimilací vytvoří zásobní látky, které jsou skladovány v oddenku a jsou potřebné pro vytvoření jarních lodyh v příštím roce. Výtrusné listy jsou štítkovité, na spodní straně nesou výtrusnice.

Výtrusy jsou opatřeny čtyřmi vláhojevnými pentlicemi ***(hapterami)***, které se při změně vlhkosti vzájemně proplétají ve shluky roznášené větrem. Jsou fyziologicky rozlišené – některé dávají vznik samčím proklům, jiné samičím. Gametofyt je tedy dvoudomý, spermatozoidy jsou mnohobičíkaté.

Přeslička rolní je místy obtížným polním plevelem. Letní lodyhy se sbírají jako léčivka. V lesích je hojná **přeslička lesní** *(Equisetum sylvaticum)*, při březích rybníků roste ve vodě **přeslička poříční** *(E. fluviatile)*. Všechny přesličky jsou mírně jedovaté. Odvary z přesliček se osvědčují jako účinné postřiky proti houbovým chorobám a roztočům rostlin místo chemických přípravků.

- **Evoluce**

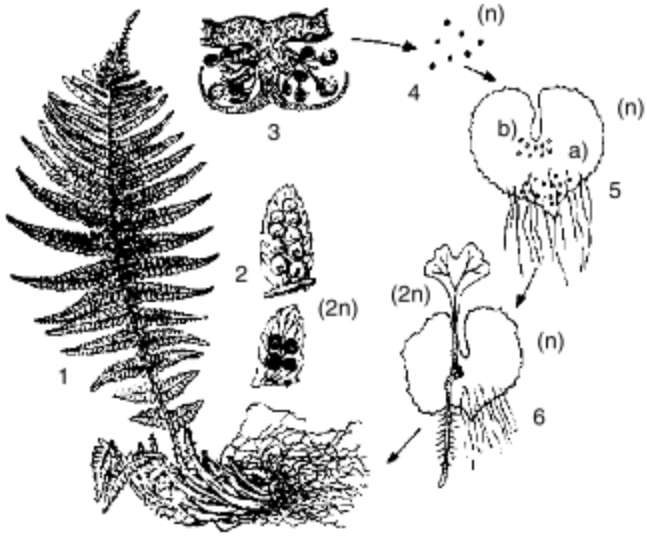
Vývojově pocházejí pravděpodobně z některé skupiny ryniofyt.



Přeslička rolní
1 – letní lodyha, 2 – jarní lodyha, 3 – klas výtrusných listů, 4 – štítkovité výtrusné listy s výtrusnicemi *(a – uzavřenými, b – otevřenými)*, 5 – výtrus se stočenými hapterami, 6 – shluk výtrusů, 7 – samčí prokel s pelatkami, 8 – mnohobičíkatý spermatozoid, 9 – samičí prokel se zárodečníky

Oddělení: **Kapradiny** *(Polypodiophyta)*

Jsou byliny nebo dřeviny s nečlánkovaným, často zakrnělým a jen ve formě oddenku vyvinutým stonkem s velkými složenými listy. Listy mají funkci asimilační i výtrusnou *(trofosporofyly)*. Jedna z nejrozšířenějších kapradin, **kapraď samec** *(Dryopteris filix-mas)*, přetrvává v zemi plazivým oddenkem, hustě porostlým adventivními kořeny. Z oddenku vyrůstají velké složené listy, nesoucí na rubu kupky výtrusnic, chráněných blanitými ostěrami. Stěna výtrusnic má prstenec nestejně ztlustlých buněk. V su-



Kapraď samec
1 – výtrusný list, 2 – kupky výtrusnic chráněné ostěrami na rubu listu, 3 – podélně prořízlá ostěra s kupkami výtrusnic, 4 – výtrusy, 5 – jednodomý prokel s pelatkami a, zárodečníky b, 6 – prokel s mladým sporofytem *(klíčícím výtrusným listem)*

chém počasí z nich uniká voda, vytváří se pnutí, jehož následkem je roztržení výtrusnice a vyprášení výtrusů. Z výtrusu vyklíčí prokel srdčitého tvaru, nesoucí pelatky i zárodečníky *(jednodomý gametofyt)*.

Mezi známé druhy vyskytující se na území našeho státu patří: **papratka samičí** *(Athyrium filix-femina)*, **hasivka orličí** *(Pteridium aquilinum)*, **osladič obecný** *(Polypodium vulgare)*, **žebrovice různolistá** *(Blechnum spicant)*, rostoucí ve smrkových porostech vyšších poloh, mající listy výtrusné *(sporofyly)* odlišené od listů asimilačních *(trofofylů)*; **nepukalka vzplývavá** *(Salvinia natans)*, bezkořenná vodní kapradina, vyskytující se vzácně na rybnících, hojně pěstovaná v akváriích aj.

- **Evoluce**

Pocházejí z některé skupiny ryniofyt. Výše uvedená oddělení vyšších rostlin – plavuně, přesličky a kapradiny bývají společně označována jako **kapraďorosty**. Jejich společným znakem je **heteromorfní rodozměna**, ve které se sporofyt svým tvarem liší od gametofytu a velikostí ho značně převyšuje. Gametofyt je představován vláknitou nebo lupenitou stélkou *(proklem)* nepatrných rozměrů. Následující čtyři oddělení – rostliny lyginodendrové, cykasy, jinany a jehličnany bývají společně označovány jako **rostliny nahosemenné**. Jejich znakem je mohutná převaha sporofytu nad gametofytem, který již není schopen samostatné existence a stává se součástí sporofytu. Společným znakem je i nedokonalá ochrana vajíček, která vyrůstají na bázi nebo okraji plochých plodolistů. V druhotném dřevě mají jako vodivé elementy pouze **cévice** *(tracheidy)*.

Vývojově navazují na ryniofyty. Prastará část vyhynulých nahosemenných rostlin rostoucích již v devonu je označována jako **prvosemenné rostliny** *(Progymnospermatae)*. V dalším vývoji se nahosemenné rostliny rozdělily do dvou vývojových větví. Jedna se vyznačovala malými, jednoduchými, celistvými listy *(jehličnany a jinany)*, druhá se vyznačovala velkými, členěnými až složenými listy *(rostliny lyginodendrové, cykasy)*. Některá skupina z primitivních rostlin lyginodendrových se stala pravděpodobně počátkem mohutné větve krytosemenných rostlin.

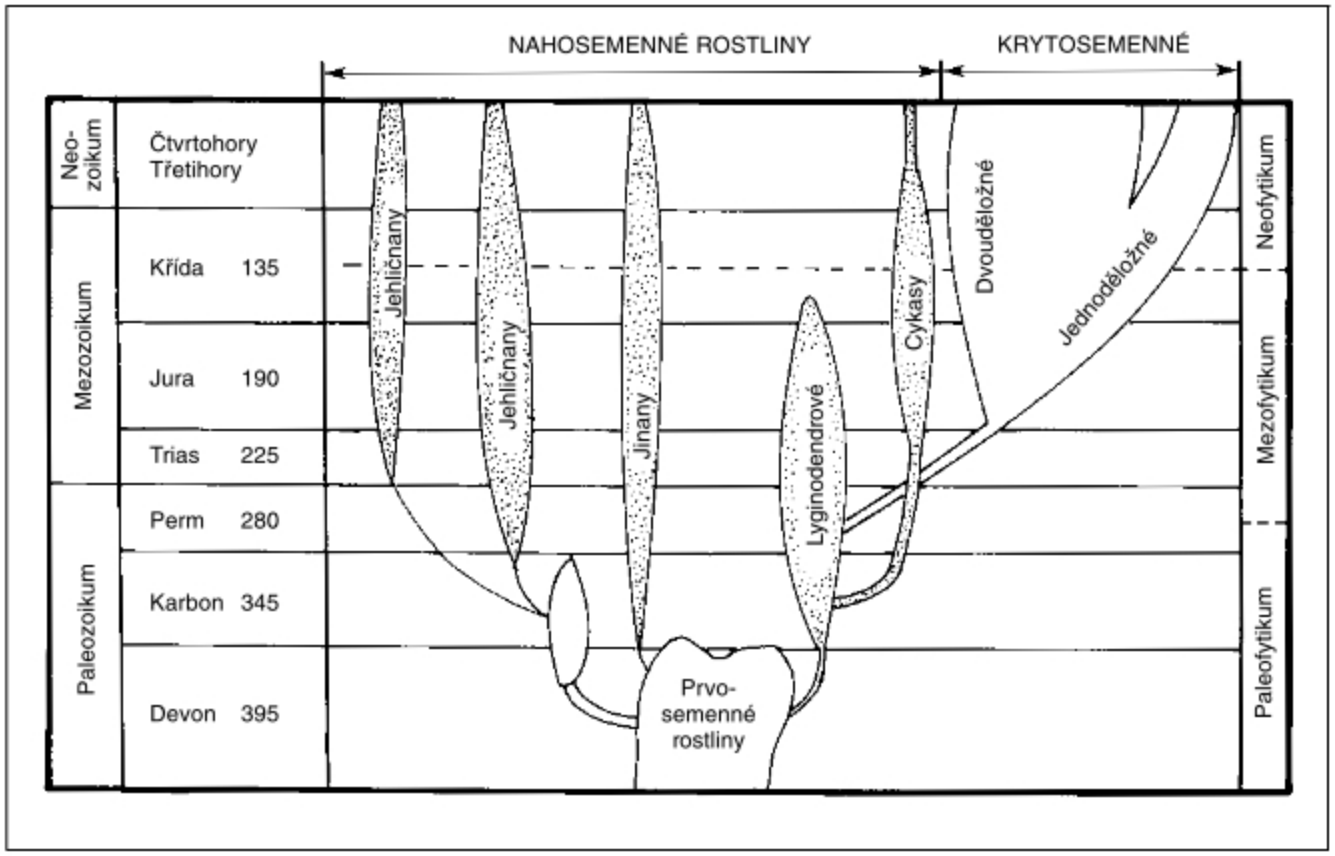
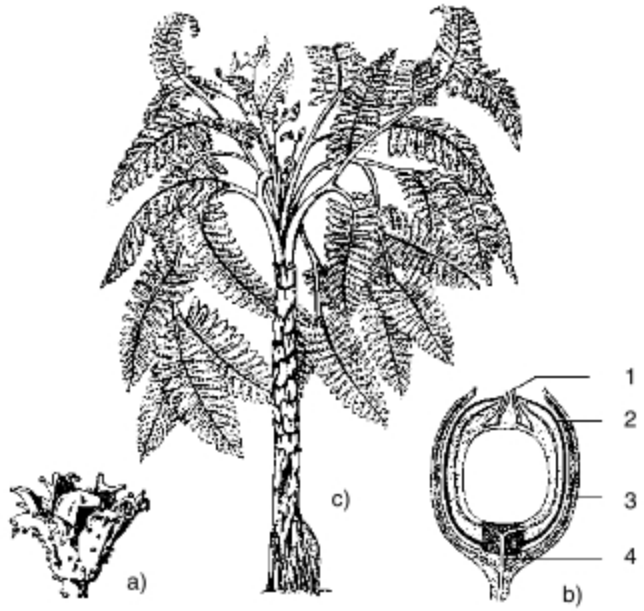


Schéma evoluce nahosemenných

Oddělení: **Rostliny lyginodendrové** *(Lyginodendrophyta)*

Byly rostliny vzhledu stromovitých kapradin, které měly primitivní vajíčka dozrávající v semena.

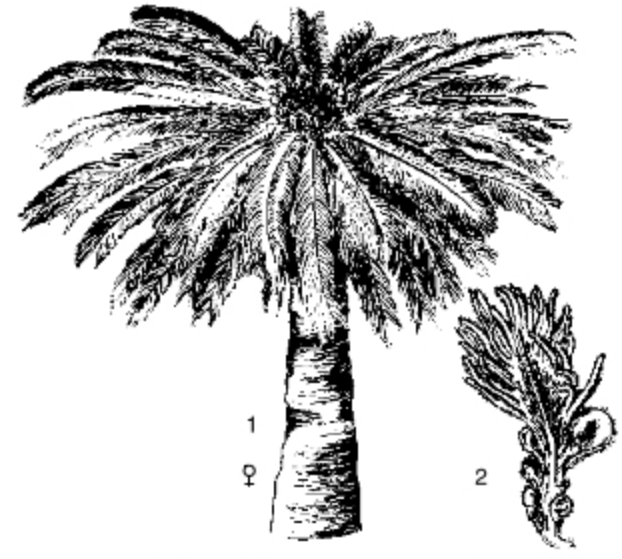


a) – semeno v kupule *(číšce)* řídce poseté žlázkami *(Lyginodendron)*,
b) – Schematický nákres téhož semene,
1 – pylová komůrka, 2 – obal *(integument)*,
3 – kupula *(číška)*, 4 – svazky cévní,
c) – Medullosa

Oddělení: **Cykasy** *(Cycadophyta)*

Jsou dřeviny většinou stromového vzrůstu, obvykle se zpeřenými listy, nahloučenými na vrcholu kmene. Plodolisty *(megasporofyly)* a tyčinky *(mikrosporofyly)* tvoří na rostlině oddělené soubory, některé druhy jsou dvoudomé.

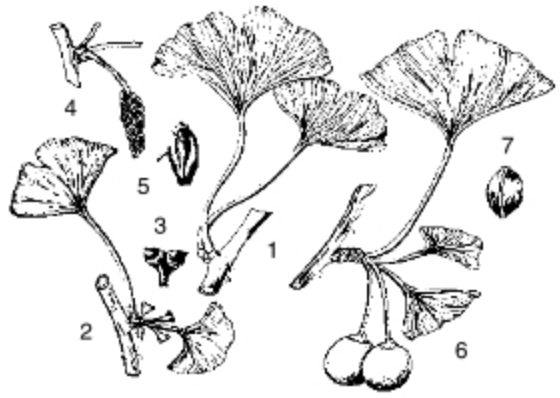
Cykasy dosáhly největšího rozvoje ve druhohorách. Dnes jsou rozšířeny jen v tropech a subtropech, krajích od Madagaskaru po Japonsko. Často se pěstují ve sklenících.



1 – **Cycas revoluta** kvetoucí, 2 – megasporofyl s vajíčky

Oddělení: **Jinany** *(Ginkgophyta)*

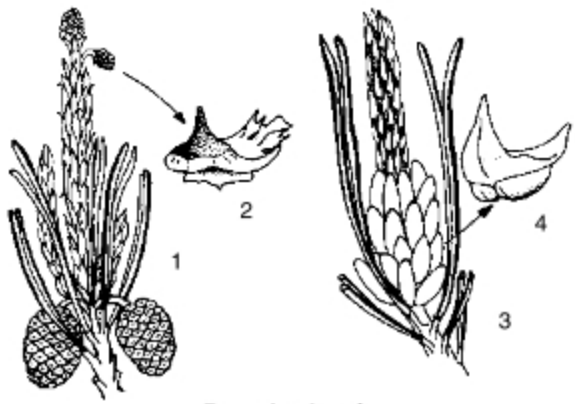
Jsou zastoupeny jediným druhem – **jinanem dvoulaločným** *(Ginkgo biloba)*. Je to dvoudomý strom s vějířovitými, na vrcholu dvoulaločnatými listy. Tyčinky *(mikrosporofyly)* vyrůstají ze zkrácených větviček *(brachyblastů)* jako jehnědovité soubory. Plodolisty *(megasporofyly)* nesou dvě vajíčka, z nichž jedno se po oplození vyvíjí v kulaté semeno připomínající peckovici. U nás se pěstuje jako okrasná dřevina v parcích. Listy na zimu opadají.



Jinan dvoulaločný
1 – část větve s listy, 2 – část větve s listy a vajíčky,
3 – vajíčka, 4 – jehnědovitý soubor tyčinek, 5 – tyčinka,
6 – semena s listy na zkrácené větévce *(brachyblastu)*,
7 – vnitřní sklerenchymatická část osemení

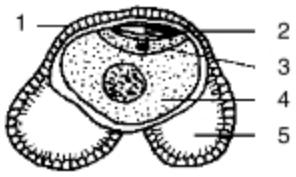
Oddělení: **Jehličnany** *(Pinophyta)*

Představují vývojovou větev s drobnými, celistvými, celokrajnými lístky. Mikrosporofyly a megasporofyly tvoří oddělené šištice. Některé druhy jsou dvoudomé. Biologii jehličnanů si přiblížíme na **borovici lesní** *(Pinus sylvestris)*. Je to statný strom, jehož jehlice vyrůstají po dvou ve svazečcích. Samčí květy jsou tvořeny šišticí tyčinek. Každá tyčinka má dvě prašná pouzdra *(výtrusnice)*, v nichž dozrávají **pylová zrna** *(samčí mikrospory)*. Také samičí květy jsou tvořeny šišticí plodolistů, nesoucích po dvou nahých vajíčkách.



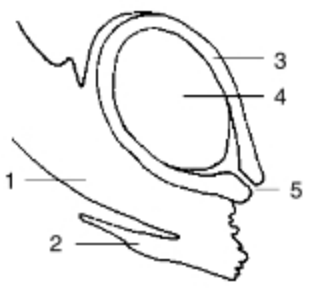
Borovice lesní
1 – letorost se dvěma šišticemi na vrcholu,
2 – plodní šupina s dvěma vajíčky, pod ní je podpůrná šupina,
3 – letorost s klasovitým souborem samčích šištic,
4 – tyčinka se dvěma prašnými pouzdry

• **Pylová zrna** *(♂ mikrospory)* vznikají meiotickým dělením mateřských buněk v prašných pouzdrech. Kromě několika drobných buněk proklových obsahují dvě buňky: velkou vyživovací *(vegetativní)* buňku a menší rozmnožovací *(generativní)* buňku, které představují ♂ gametofyt. Buňky jsou chráněny blánou *(exinou)* vyfouklou ve dva vzdušné vaky.



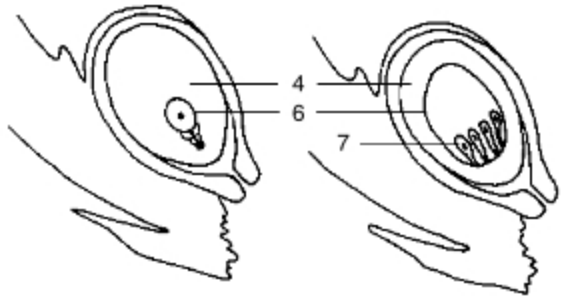
Pylové zrno
1 – exina, 2 – proklové buňky, 3 – rozmnožovací buňka, 4 – vyživovací buňka, 5 – vzdušný vak

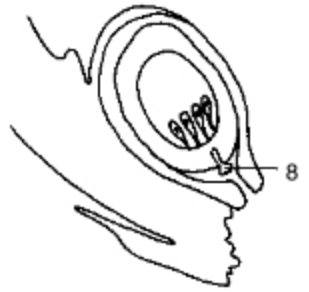
• **Vajíčka** *(♀ výtrusnice)* mají na svém povrchu jeden obal *(integument)*, uzavírající až na klový otvor mnohobuněčný diploidní **nucellus**. Jedna buňka nucellu se nápadně zvětší a meioticky se dělí za vzniku čtyř haploidních buněk ***(makrospor)***. Z nich tři menší zanikají, zbylá makrospora se mění na **zárodečný vak**, jehož jádro se mnohonásobně dělí a po vzniku buněčných přehrádek dává vznik **samičímu proklu**, ve kterém se na bližší straně ke klovému otvoru vytvoří **3 až 6 zárodečníků**, obsahujících po jedné **vaječné buňce**.



Zrání vajíčka borovice lesní

1 – plodolist,
2 – podpůrná šupina,
3 – obal *(integument)*,
4 – nucellus,
5 – klový otvor,
6 – makrospóra, která se přemění na zárodečný vak,
7 – zárodečníky v zárodečném vaku

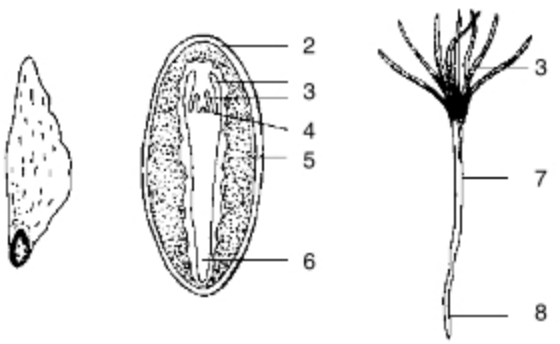




Opylení

8 – pylová láčka prorůstající nucellus

• **Opylení a oplození**. Zralá vajíčka z klového otvoru vylučují **polinační kapku**, na které se zachycují pylová zrna roznášená větrem. Pyl je vtažen na povrch nucellu. Otvor klový se pak uzavře a pyl začne klíčit v pylové láčky, které prorůstají nucellem k zárodečníkům. V zimě se jejich růst zastaví a pokračuje v červnu příštího roku. V pylové láčce se generativní buňka rozdělí a dává vznik dvěma nepohyblivým **spermatickým buňkám**. Menší z nich zaniká, větší oplodní vaječnou buňku v zárodečníku za vzniku zygoty, která se přemění na **zárodek** *(embryo)* s větším počtem děloh. Vajíčko se přemění v křídlaté semeno. Samičí šištice se po oplození zvětšuje, zdřevnatí a přemění v **plodní šišku**.



Řez semenem, klíčení semena
1 – křídlaté semeno, 2 – osemení, 3 – dělohy, 4 – pupen *(plumula)*, 5 – endosperm, 6 – kořínek *(radicula)*, 7 – hypokotyl *(podděložní stonkový článek)*, 8 – primární kořen

S borovicí lesní rostou u nás další druhy borovic a jiných jehličnanů. Např. **borovice kleč, kosodřevina** *(Pinus mugo)*, **borovice černá** *(Pinus nigra)*, **borovice vejmutovka** *(Pinus strobus)*, **smrk ztepilý** *(Picea abies)*, **jedle bělokorá** *(Abies alba)*, **modřín opadavý** *(Larix decidua)*, v parcích se pěstují **tisy, zeravy, cypřišky, jalovce**, aj.

Hospodářský význam jehličnanů je obrovský. Lesní porosty ovlivňují klima krajiny a její vodní režim.

Oddělení: **Rostliny krytosemenné** *(Magnoliophyta)*

Jsou většinou autotrofní byliny nebo dřeviny. V dřevní části většiny krytosemenných rostlin jsou cévy *(tracheje)*. Jako orgány rozmnožování se vyvinuly květy. Květ chrání pohlavní orgány před vysycháním *(vajíčka jsou ukryta v semeníku)* a spolupodílí se na opylení. Samčím gametofytem je klíčící pylové zrno, samičím gametofytem je zárodečný vak, který se vyvíjí uvnitř vajíčka. Oba gametofyty, stejně jako u nahosemenných, nejsou schopny samostatné existence a jsou součástí sporofytu. Oplození u krytosemenných je dvojité *(viz dále)*. Splynutím gamet vznikne zygota, která se vyvíjí v zárodek *(embryo)* a při tom se celé vajíčko mění v semeno. Během přeměny oplozeného vajíčka v semeno se mění i semeník, celý pestík, popřípadě i jiné části květu v plod.

- **Evoluce**

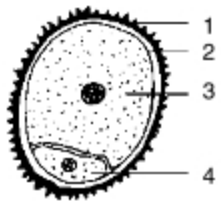
Podnebí v juře, chudé na srážky, potlačilo květenu zastoupenou cykasy, jinany a jehličnany a umožnilo rozšíření krytosemenných rostlin, lépe přizpůsobeným suchozemským podmínkám. Ty se v dalším vývoji rozdělily na dvě vývojové větve:

a) dvouděložné rostliny
b) jednoděložné rostliny

Znaky charakterizující rostliny dvouděložné a jednoděložné:

znak	dvouděložné	jednoděložné
dělohy	dvě	jedna
kořen	primární kořen zůstává zachován	primární kořen se v růstu zastaví a jeho funkci přejímají náhradní kořeny
stonek	kambium vyvinuto, a proto stonek druhotně tloustne	kambium není vyvinuto
svazky cévní	uspořádány v kruhu a jsou otevřené	roztroušené a jsou uzavřené
žilnatina listu	zpeřená, síťovitá dlanitá, znožená	souběžná
květ		
počet částí v kruhu	5, 4 nebo 2	3
květní obaly	častější K a C	častější P

- **Pylová zrna** *(♂ mikrospory)* vznikají meiotickým dělením mateřských buněk v prašných pouzdrech tyčinek. Zralé pylové zrno má dva obaly: **vnější *(exinu)*** a **vnitřní *(intinu)*** a obsahuje dvě buňky: větší **vyživovací** *(vegetativní)* a menší **rozmnožovací** *(generativní)*.

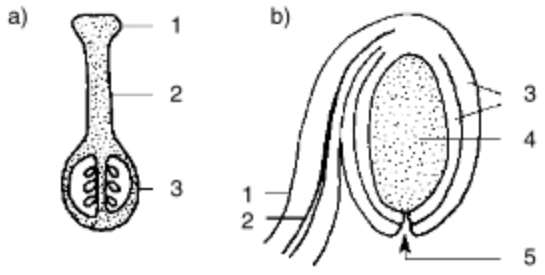


Řez pylovým zrnem
1 – exina,
2 – intina,
3 – vyživovací buňka,
4 – rozmnožovací buňka

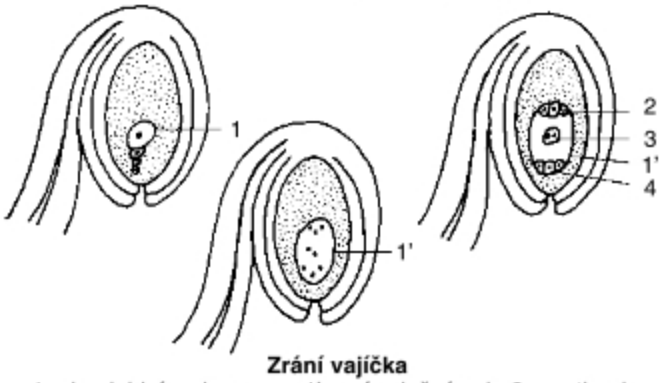
- **Vajíčka** *(♀ výtrusnice)* jsou ukryta v semeníku a přirůstají stopkou k jeho stěně. Vajíčko má dva **obaly *(integumenty)***, které až na klový otvor uzavírají mnohobuněčné diploidní pletivo – **nucellus**.

- **Zrání vajíčka**

Jedna z diploidních buněk nucellu se nápadně zvětší a meioticky se dělí za vzniku čtyř haploidních buněk *(makrospor)*, z nichž tři menší zanikají a jádro zbylé makrospóry se třikrát mitoticky dělí za vzniku osmi jader, které po oblanění dávají vznik **buňce vaječné** *(oosféře)*, dvěma **buňkám pomocným** *(synergidám)*, třem **buňkám protistojným** *(antipodám)* a dvě jádra splynou za vzniku **diploidního středového jádra**. Makrospora se tak přemění v **zárodečný vak**.

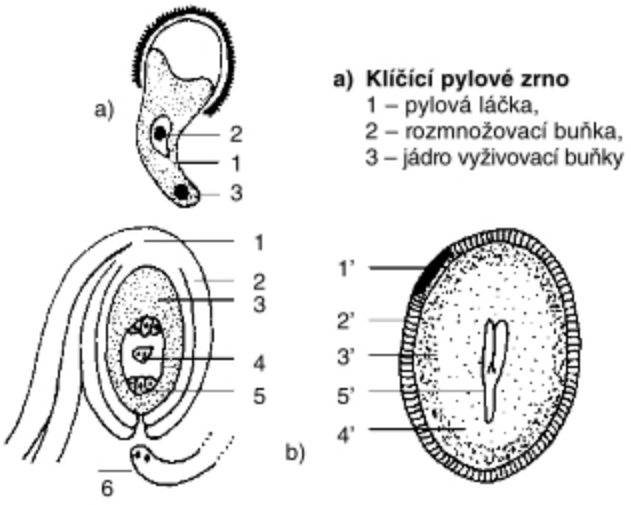


a). **Pestík**
1 – blizna, 2 – čnělka, 3 – semeník s vajíčky
b). **Řez vajíčkem *(nezralým)***
1 – poutko, kterým přirůstá vajíčko ke stěně semeníku,
2 – vodivý svazek cévní, 3 – obaly *(integumenty)* vajíčka,
4 – nucellus, 5 – klový otvor *(mikropyle)*



Zrání vajíčka
1 – haploidní makrospory, 1' – zárodečný vak, 2 – antipody,
3 – diploidní středové jádro zárodečného vaku,
4 – vaječná buňka a dvě pomocné buňky *(synergidy)*

- Při **opylení** se pylové zrno zachytí na blizně. Buňka rozmnožovací vnikne do cytoplazmy buňky vyživovací a pylové zrno vyklíčí v **pylovou láčku** *(samčí gametofyt)*. Růst pylové láčky řídí jádro vyživovací buňky.V pylové láčce se jádro rozmnožovací buňky rozdělí a dá vznik dvěma **spermatickým buňkám**. Klovým otvorem vniká láčka až k zárodečnému vaku vajíčka.



a) Klíčící pylové zrno
1 – pylová láčka,
2 – rozmnožovací buňka,
3 – jádro vyživovací buňky

b) Oplození a přeměna oplozeného vajíčka v semeno
1 – poutko, 1' – jizva, 2 – integumenty, 2' – osemení,
3 – nucellus, 3' – perisperm, 4 – diploidní středové jádro,
4' – endosperm, 5 – vaječná buňka, 5' – zárodek,
6 – pylová láčka se dvěma spermatickými buňkami

• **Oplození** u krytosemenných rostlin je dvojité. Jedna spermatická buňka splyne s vaječnou buňkou za vzniku zygoty, která se přemění v **zárodek *(embryo)***. Druhá spermatická buňka splyne se středovým jádrem zárodečného vaku za vzniku triploidní buňky, jejímž dělením se vytvoří triploidní živné pletivo – **endosperm**. Z obalů *(integumentů)* vajíčka vzniká **osemení *(testa)***. Zbytek nucellu se přemění na živné pletivo – **perisperm**. Tam, kde vajíčko přirůstalo ke stěně semeníku, zůstane jizva *(pupek)*.

Tabulka znaků vývojově starších a vývojově odvozených

znak	vývojově starší	odvozený
postavení květních částí na květním lůžku	ve šroubovici *(spirální)*	v kruhu *(cyklické)*
květní lůžko	protáhlé	zkrácené nebo ploché
počet květních částí	velký, neurčitý	malý, určitý
květní části K, C, A	volné	srostlé
pohlavnost květů	oboupohlavné	jednopohlavné
počet pestíků v květu	více jednoplodolistových pestíků *(gyneceum apokarpní)*	jeden, vzniklý srůstem, více plodolistů *(gyneceum cenokarpní)*
postavení semeníku	svrchní	polospodní, spodní

Obě vývojové větve krytosemenných rostlin představují z taxonomického hlediska **dvě třídy** – rostliny dvouděložné a rostliny jednoděložné. Mezi oběma třídami nejsou ostré morfologické hranice. Znaky krytosemenných rostlin jsou značně proměnlivé. Při zařazování druhů do jedné z obou tříd je nutné zvažovat co největší soubor sledovaných znaků. Znaky, které považujeme za vývojově starší *(původnější)* a znaky považované za vývojově odvozené *(mladší)* udává předcházející tabulka.

Třída: **ROSTLINY DVOUDĚLOŽNÉ** *(Magnoliopsida)*

Jsou z vývojového hlediska pravděpodobně původnější než třída jednoděložných. Je také třídou mnohem početnější. Sdružuje téměř 200 000 druhů řazených do 75 řádů. Mezi vývojově nejstarší patří **šácholanotvaré** *(Magnoliales)*, **leknínotvaré** *(Nymphaeales)* a **pryskyřníkotvaré** *(Ranunculales)*.

Mezi hospodářsky významné patří:

• **Kaparotvaré** *(Capparidales)* a z nich především čeleď brukvovitých, z nichž se pěstuje jako olejnina řepka, jako zelenina brukev zelená (odrůdy: *zelí, kapusta, kedluben, květák)*, ředkev setá, pochutiny: křen a hořčice bílá. Patří sem také plevele: penízek rolní, kokoška pastuší tobolka, ředkev ohnice a hořčice polní.

• **Růžotvaré** *(Rosales)*, mezi které patří jahodník, ostružiník a maliník, růže, slivoně *(trnka, višeň, třešeň, meruňka, broskev)* a jabloňovité *(jabloň, hrušeň, jeřáb)*.

• **Bobotvaré** *(Fabales)*, mezi něž patří pícniny *(jetel luční, tolice vojtěška)*, dále rostliny poskytující luštěniny *(čočka, hrách, bob, fazol)* a olejniny *(sója, podzemnice olejná)*. Typickou vlastností rostlin patřících do čeledi bobovitých je symbióza jejich kořenů s hlízkovitými bakteriemi rodu Rhizobium, které dovedou vázat přímo vzdušný dusík. Z dřevin je významný jako nektarodárná rostlina pro včely trnovník akát.

• **Mákotvaré** *(Papaverales)*, jako byliny s mléčnicemi. Patří sem mák, pěstovaný pro olejnatá semena a opium, jako léčivky se sbírají vlaštovičník a zemědým lékařský.

• **Aralkotvaré** *(Araliales)*, zastoupené u nás čeledí miříkovitých, z nichž se jako koření používají kmín luční, fenykl obecný a jako kořenová a naťová zelenina mrkev, petržel, miřík celer, kopr vonný.

• **Krtičníkotvaré** *(Scrophulariales)*, kam patří čeleď lilkovitých, zahrnují významné zemědělské plodiny *(lilek brambor, rajče, paprika, tabák)*.

• **Hvězdnicotvaré** *(Asterales)* s drobnými květy seskupenými v úbory. Jako užitkové rostliny se pěstují čekanka a slunečnice, jako okrasné rostliny hvězdnice, jiřiny a jako léčivky podběl, heřmánek. Z významných plevelů sem patří pcháč a bodlák.

• **Hluchavkotvaré** *(Lamiales)* a z nich především čeleď hluchavkovitých jako žláznaté byliny se vstřícnými křižmostojnými listy. Obsahují silice a jako léčivky mají význam máta, mateřídouška, šalvěj lékařská, meduňka, tymián.

Mnoho dalších hospodářsky významných druhů patří do jiných, zde neuvedených řádů.

Třída: **ROSTLINY JEDNODĚLOŽNÉ** *(Liliopsida)*

Jsou většinou byliny bez druhotného tloustnutí stonku s roztroušenými svazky cévními. Vyvinuly se pravděpodobně z původních typů dvouděložných rostlin, snad z příbuzenstva řádu leknínotvarých. Zahrnují asi 40 000 druhů zařazených do dvaceti řádů. Z významných zde uvádíme:

• **Liliotvaré** *(Liliales)*, u nás nejvíce zastoupené čeledí liliovitých. Jsou to byliny přetrvávající v zemi cibulemi nebo oddenky. Květy jsou oboupohlavné. Patří sem užitkové rostliny *(cibule kuchyňská, česnek kuchyňský, pór)* a okrasné rostliny *(lilie, tulipán, konvalinka)*.

• **Kosatcotvaré** *(Iridales)*, mezi něž patří okrasné rostliny *(kosatec, šafrán, mečík)*.

• **Zázvorníkotvaré** *(Zingiberales)*, kam patří významná čeleď banánovníkovitých. Jsou to byliny velkých rozměrů s mohutnými listy. Květy jsou v květenstvích a dozrávají v podlouhlé bobule. Banánovník obecný je pěstován v tropech.

• **Vstavačotvaré** *(Orchidales)* jsou často epifytní rostliny *(rostliny žijící na jiných rostlinách, nikoliv však parazitující)*, autotrofní se specifickým způsobem mykorrhizy – **mykotrofií**. Druhově je to velmi početný řád, zastoupený v tropech. Všechny u nás rostoucí druhy patří mezi zákonem chráněné, např. střevíčník pantoflíček, prstnatec májový, vstavač kukačka, okrotice, vemeník a ve stinných lesích saprofytický hlístník hnízdák. Z tropických druhů je významný vanilovník, jehož nezralé tobolky po fermentaci poskytují vanilku.

• **Šáchorotvaré** *(Cyperales)* jsou byliny obvykle s trojhrannými stonky, s úzkými trávovitými listy a velmi drobnými květy, sdruženými v klasovitých květenstvích. Jsou to rostliny mokrých stanovišť a břehů vod. U nás jsou zastoupeny početně rodem ostřice. V tropické Africe roste známý papyrus, jehož některé druhy se pěstují jako okrasné pokojové rostliny.

• **Lipnicotvaré** *(Poales)* jsou jednoleté nebo víceleté byliny – trávy. Květy mají drobné, sestavené v jedno až vícekvěté klásky, skládající hroznovitá květenství. Patří sem významné pícniny *(lipnice, sveřep, bojínek, psárka, jílek, srha, kostřava aj.)*, řada kulturních trav – obilnin *(pšenice, ječmen, žito, kukuřice, oves, proso, rýže)* a hospodářsky významné *(třtina cukrová – cukrovník, rákos, bambus)*, z plevelů například pýr.

• **Arekotvaré** *(Arecales)* jsou subtropické a tropické stromovité rostliny, většinou s nevětveným kmenem, zakončeným chocholem listů. Hojně se pěstují a všestranně využívají např. datlovník, poskytující peckovice s vysokým obsahem cukru, kokosovník ořechoplodý a palma olejová, pěstovaná pro olejná semena.

Říše: **HOUBY** *(Fungi)*

Oddělení: **Chytridiomycety** *(Chytridiomycota)*
Oddělení: **Mikrosporidie** *(Microsporidiomycota)*
Oddělení: **Zygomycety** *(Zygomycota)*
Oddělení: **Houby vřeckovýtrusné** *(Ascomycota)*
Oddělení: **Houby stopkovýtrusné** *(Basidiomycota)*

Houby jsou jednobuněčné nebo vícebuněčné stélkaté, eukaryotní, heterotrofní organismy. Živiny z prostředí přijímají ve formě organických látek. Na rozdíl od živočichů, kteří přijímají potravu polykáním a tráví ji uvnitř svého těla, houby rozkládají organické látky enzymy vylučovanými stélkou. Enzymy rozkládají složité organické látky na jednoduché a ty jsou následně stélkou absorbovány. Stélky hub jsou obvykle jednoduše vláknité nebo větvené. Soubor houbových vláken *(hyf)* tvoří **podhoubí** *(mycelium)* na němž vyrůstají za určitých podmínek plodnice. Vyskytují se i formy jednobuněčné nebo vytvářející **nepravé podhoubí** *(pseudomycelium)*. U většiny zástupců je vyvinuta buněčná stěna, jejíž základními stavebními jednotkami jsou **chitin a β-glukan**. Zásobní látkou je podobně jako u živočichů **glykogen a tuky**. V buňkách jsou přítomny mitochondrie. Nepohlavně se rozmnožují různými typy výtrusů *(spor)*. Výtrusy vodních hub jsou bičíkaté *(rejdivé výtrusy – zoospory)*, suchozemské druhy mají výtrusy oblaněné a bez bičíků *(nepohyblivé spory – aplanospory)* Výtrusy vznikají buď uvnitř výtrusnic *(endospory)*, nebo se oddělují zevně na specializovaných hyfách *(konidie)*.

• **Evoluce**

Jsou to prastaré organismy. Paleontologické nálezy dokládají, že první vřeckovýtrusné houby pocházejí ze siluru, první stopkovýtrusné houby z devonu. Vyvinuly se pravděpodobně z předchůdců prvoků jako samostatná vývojová větev paralelní k živočichům *(viz diagram str. 345)*. Nejvýznamnějším vývojovým posunem při vzniku hub *(říše Fungi)* byl vznik pevné buněčné stěny.

• **Význam**

V přírodě jsou všudypřítomné, v ekosystémech jsou nenahraditelné při rozkladu organických látek – označují se jako **rozkladači** *(reducenti, dekompozitoři)*. Tím, že rozkládají organickou hmotu, která se neustále tvoří činností rostlin, se houby významně podílejí na koloběhu uhlíku, dusíku a jiných živin v biosféře. Podílejí se na tvorbě humusu. Organické látky přeměňují na jednoduché rozpustné anorganické látky ***(mineralizační činnost)***. Využívají se v **biotechnologiích** *(výroba antibiotik,enzymů,vitaminů, růstových látek ap.)* Některé druhy znehodnocují uskladněné potraviny, druhy parazitující na rostlinách snižují výnosy. Patogenní druhy jsou příčinou vážných onemocnění živočichů a člověka.

Významnou vlastností hub je jejich schopnost symbiózy s jinými organismy, se sinicemi a s řasami ***(lichenismus)*** nebo kořeny cévnatých rostlin ***(mykorhiza)***

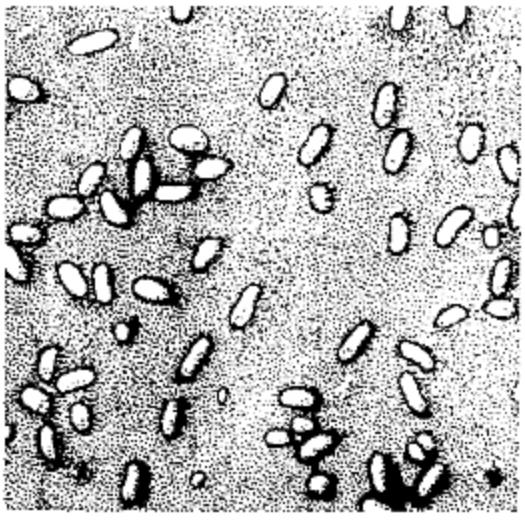
Oddělení: **Chytridiomycety** *(Chytridiomycota)*

Vytvářejí mnohojaderné, trubicovité podhoubí. Stěny podhoubí a spor jsou z chitinu a glukanu. Zoospory a gamety mají po jednom bičíku. Patří sem saprofytické houby žijící ve vodě, ve vlhké půdě a někteří parazité kulturních rostlin. Mezi závažné parazity patří **lahvičkovka** *(Olpidium brassicae)*, cizopasící v buňkách klíčních rostlin zelí, kapusty, brukve nebo květáku a působící jejich „padání". Nakažené rostliny pod dělohami *(na hypokotylu)* tmavnou, ohýbají se a později odumírají. Všechny druhy z čeledi lilkovitých napadá **rakovinovec bramborový** *(Synchytrium endobioticum)*. U brambor způsobuje rakovinu hlíz.

Hlízy bramboru napadeného rakovinovcem

Oddělení: **Mikrosporidie** *(Microsporidiomycota)*

Jsou jednobuněčné organismy přizpůsobené parazitickému způsobu života. Jsou to nitrobuněční parazité. Parazitují v buňkách hmyzu, ryb i jiných živočichů včetně člověka. Jejich vegetativní fázi tvoří **měňavkovité** bezblanné buňky, které pronikají do buněk tkání hostitele. Uvnitř buněk se množí a později vytvářejí spory opatřené stěnou tvořenou chitinem. Spory jsou schopné přežívat mimo hostitelské buňky. Obsahují uvnitř stočené **pólové vlákno**, které po vymrštění proniká do hostitelské buňky. Tímto vláknem proniká plazmatický obsah spory *(sporoplazma)* do hostitelské buňky. Hospodářsky významná je **hmyzomorka včelí** *(Nosema apis)* jako původce včelí úplavice způsobující úhyn včel.



Mikroskopický roztěr střevního obsahu včelí dělnice s početnými sporami nosemy *(zvětšeno 200x)*

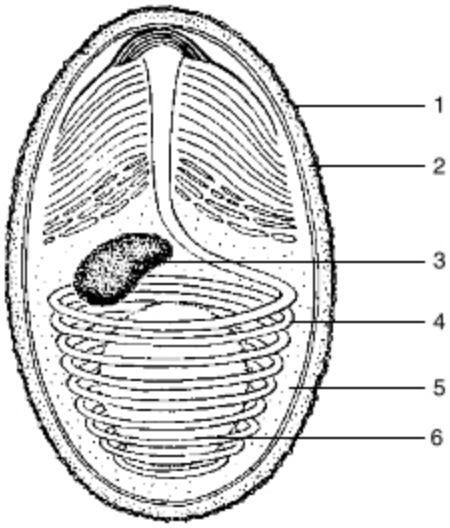


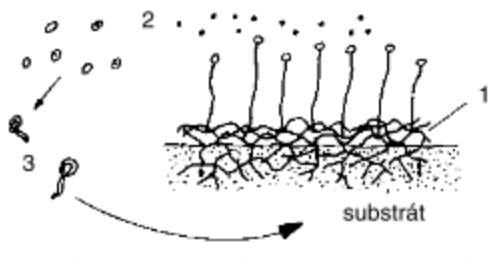
Schéma mikrosporidiové spory
1 – exospora, 2 – endospora, 3 – jádro, 4 – pólové vlákno, 5 – sporoplazma, 6 – vakuola

Ztráty chovatelů bource morušového ve Francii způsobila v 19. století **hmyzomorka bourcová** *(Nosema bombycis)*. O zvládnutí této choroby se významně zasloužil francouzský vědec L. Pasteur.

Mikrosporidie byly dlouho považovány za prvoky. Nové studie dokládají, že mikrosporidie náleží evolučně mezi houby a ztráta mitochondrií a chtinózní buněčné stěny ve vegetativní fázi nastala u těchto organismů druhotně.

Oddělení: **Zygomycety** *(Zygomycota)*

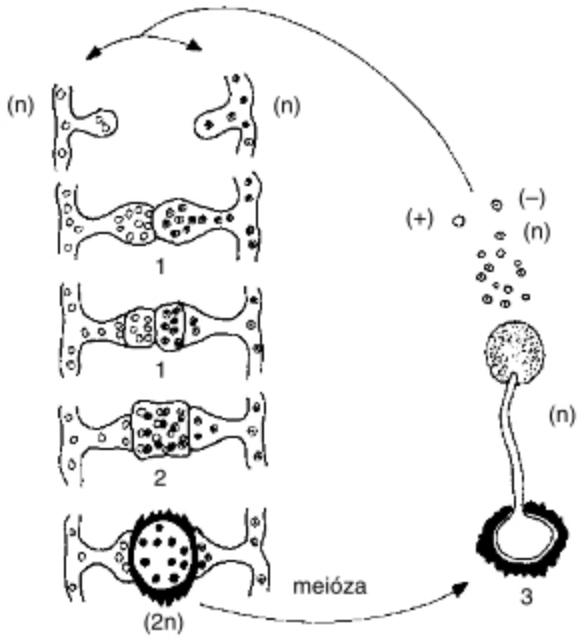
Mají podhoubí, které jen ve stáří bývá nepravidelně přehrádkované. Jinak je **trubicovité**, mnohojaderné. Jejich zástupcem je např. **plíseň hlavičková** *(Mucor mucedo)*, pokrývající kožíškem vláken podhoubí různé ústrojné živné substráty. Z podhoubí kolmo vzhůru vyrůstají nosiče výtrusnic s výtrusnicemi, pouhým okem patrné jako černé tečky. **Nepohlavně** se rozmnožuje plíseň pomocí výtrusů z výtrusnic, které vyrůstají na podhoubí, rostoucím mimo substrát na vzduchu.



Nepohlavní rozmnožování plísně hlavičkové
1 – vzdušné podhoubí s nosiči zakončenými výtrusnicemi, 2 – výtrusy, 3 – klíčící výtrusy v substrátu

Pohlavně se plíseň rozmnožuje tehdy, setkají-li se dvě různopohlavná podhoubí (+) a (–). Na vláknech se vytvoří kyjovité větve, rostoucí proti sobě. Po dotyku se oba konce těchto větví oddělí od podhoubí přehrádkami a změní se v **gametangia**, která splynou v bradavičnatou diploidní **zygosporu** *(odpočívající výtrus)*. Zygospora se uvolní od podhoubí jako samostatná částice, odolná nepříznivým podmínkám a zachovávající si dlouhodobou životaschopnost. V příznivých podmínkách začne klíčit v **nosič** ***(sporangiofor)***, zakončený **výtrusnicí** ***(sporangiem)***. Při klíčení dochází k meiotickému dělení jader, takže výtrusy ve výtrusnici jsou haploidní a fyziologicky rozlišené (+) a (–).

Na špatně uskladněném chlebě roste **kropidlovec černavý** *(Rhizopus nigricans)*.



Pohlavní rozmnožování plísně hlavičkové
1 – gametangia,
2 – diploidní zygospora,
3 – nosič s výtrusnicí vyrostlý ze zygospory

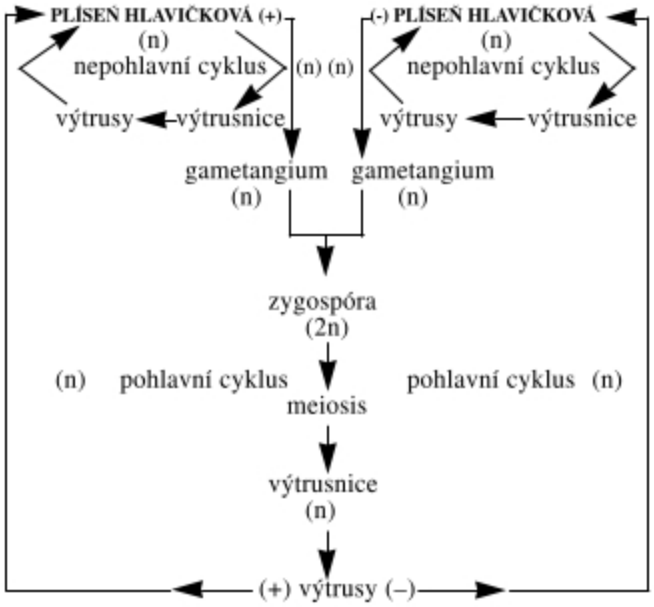


Schéma nepohlavního a pohlavního rozmnožování plísně hlavičkové

Oddělení: **Houby vřeckovýtrusné** *(Ascomycota)*

Společným znakem tohoto oddělení je tvorba specializovaného sporangia nazývaného **vřecko** *(askus)*. Ve vřecku dochází k redukčnímu dělení a vzniku haploidních endospor *(askospory)*.

Třída: **KVASINKY** *(Endomycetes, Hemiascomycetes)*

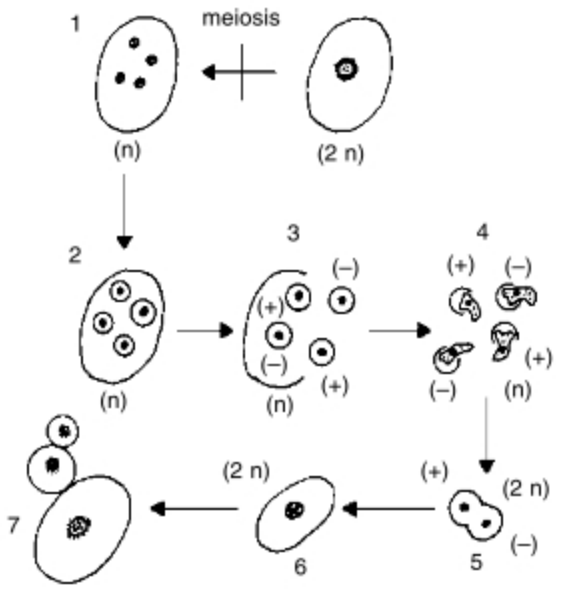
Jsou nejčastěji jednobuněčné houby. Patří sem však také druhy mající vláknité, přehrádkované, jedno i mnohojaderné hyfy. Hospodářsky významné jsou kvasinky.

Do řádu kvasinek patří například **kvasinka pivní** *(Saccharomyces cerevisiae)*, **kvasinka vinná** *(Saccharomyces ellipsoideus)*. Kvasinky se rozmnožují **nepohlavně pučením**, po němž dceřiné buňky zůstávají často pohromadě, takže tvoří řetízky – **nepravá podhoubí** ***(pseudomycelia)***.

Nepohlavní rozmnožování kvasinek pučením

Pseudomycelium

Jestliže se zmenší množství živných látek a vody v prostředí, rozmnožují se kvasinky **pohlavně**. V mírně zvětšených vegetativních buňkách proběhnou meiotická dělení. V každé takové buňce *(vřecku)* vzniknou čtyři haploidní výtrusy, dva a dva fyziologicky rozlišené. Praskne-li vřecko a výtrusy se uvolní, v příhodném prostředí začnou klíčit v buňky. Dvě fyziologicky rozlišené buňky splývají v diploidní zygotu, která pučením vytváří nové buňky.



Pohlavní rozmnožování kvasinek
1 – vřecko s haploidními jádry, 2 – vřecko s výtrusy,
3 – prasklé vřecko, 4 – klíčící spory, 5 – spojení buněk,
6 – zygota, 7 – pučení

Kvasinky pivní zkvašují sladinu na pivo. Používají se ke kynutí těsta *(lisují se s příměsí mouky jako droždí)* a k výrobě lihu. Obsahují kromě enzymů i vitaminy skupiny B, bílkoviny a řadu jiných látek. Přidávají se do krmných směsí.

Spory **kvasinky vinné** přezimují v půdě, odkud se dostávají na bobule révy vinné a při lisování hroznů do šťávy – moštu, který zkvašují na víno.

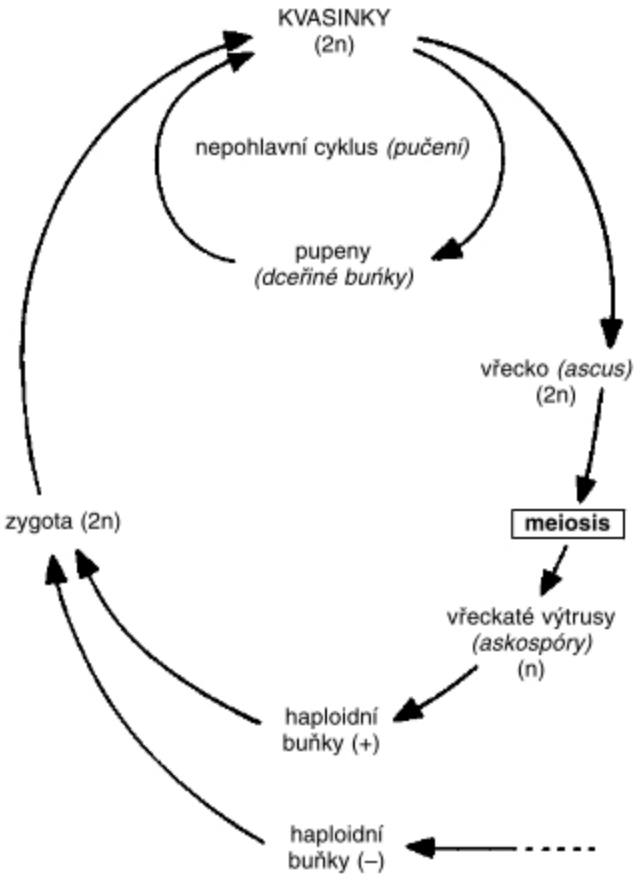
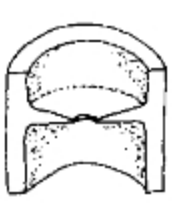


Schéma nepohlavního a pohlavního rozmnožování kvasinek

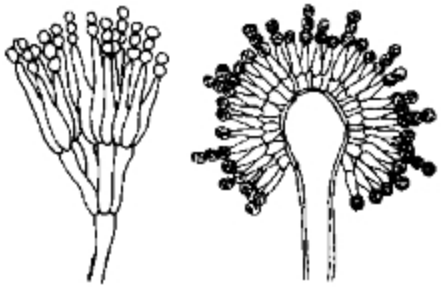
Třída: **VŘECKOVÝTRUSNÉ HOUBY**
(Ascomycetes)

Jsou nejpočetnější skupinou hub *(asi 60 procent)*. V substrátech přežívají jako **haploidní podhoubí** s jednojadernými buňkami. Hyfy jsou přehrádkované, v přehrádce je jednoduchý otvor, umožňující přechod plazmy a jader.

Velice rozšířen je u vřeckovýtrusných hub **nepohlavní způsob rozmnožování**. Při něm se z podhoubí vytvářejí různé typy **plodniček** *(sporangií)* nebo **nosičů** *(konidioforů)*, nesoucích nepohlavní výtrusy – **konidie**, kterých se tvoří obrovská množství.

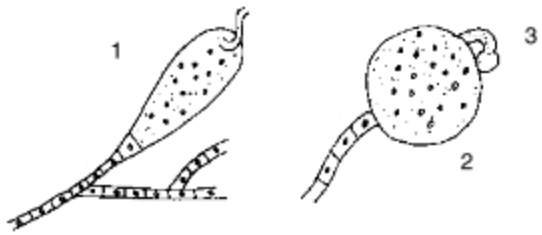


Pór v přehrádce vlákna vřeckovýtrusné houby *(askomycety)*



Konidiofory s konidiemi
1 – rod štětičkovec, 2 – rod kropidlák

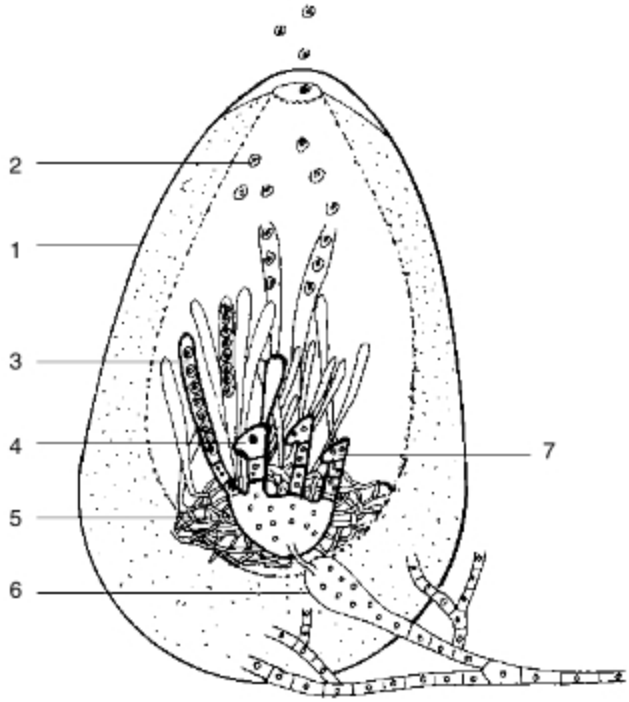
Při **pohlavním rozmnožování** se vytvářejí pohlavní orgány *(gametangia)*, a to samčí kyjovitá mnohojaderná **anteridia** a samičí kulovitá mnohojaderná **askogonia**, která mohou mít výrůstek ***(trichogyn)***.



1 – samčí anteridium, 2 – samičí askogonium, 3 – trichogyn

Samčí anteridium se přikládá k samičímu askogoniu, stěny buněčné se rozpouštějí. V případě, že je vytvořen výrůstek, po dotyku vzniká otvor a jím přechází obsah samčího anteridia do samičího askogonia.

Jádra samčí a samičí se přikládají k sobě, ale nesplynou. Tato fáze se nazývá **plazmogamie**. Po dělení putují dvojice jader *(vždy samčí a samičí pospolu)* do zvláštních vláken – **askogenních hyf**, na jejichž koncích vznikají zpětné výběžky – **háky**. Teprve v nich dochází ke splynutí samčího a samičího jádra ***(karyogamii)***. Z háků vyrůstají kyjovitá vřecka, ve kterých diploidní jádra projdou meiózou a následující mitózou. Výsledkem je osm haploidních jader, která se přemění na osm výtrusů ***(asko-***



Pohlavní rozmnožování vřeckovýtrusných hub
1 – schematické znázornění plodnice, 2 – askospora, 3 – vřecko, 4 – splynutí jader *(karyogamie)*, 5 – askogonium, 6 – anteridium, 7 – askogenní hyfa se zpětným výběžkem

spor). Zralá vřecka se na vrcholu otevírají a haploidní výtrusy jsou uvolněny ven.

Jako příklad lze uvést životní cyklus **paličkovice nachové** *(Claviceps purpurea) (doplněk str. 79)*, jejíž **tvrdohoubí** *(námel)* je zdrojem alkaloidů k výrobě léčiv.

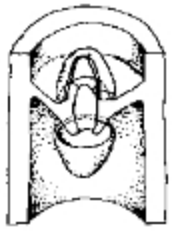
Mnohé askomycety známe jen jako jejich běžně rozšířenou konidiovou formu. Tak se vyskytují druhy z rodu **štětičkovec** *(Penicillium)*. Některé druhy produkují antibiotika, např. *Penicillium notatum, Penicillium chrysogenum*. Jiné spolupůsobí při zrání sýrů: *P. roquefortii, P. camembertii, P. gorgonzola.* Mnohé druhy působí choroby rostlin, například **padlí** *(Erysiphales)* tvoří na listech, stoncích a plodech moučnaté povlaky a jeho vlákna vysílají do buněk hostitele haustoria, jiné druhy jsou příčinou šedého plesnivění jahod, rychlého zahnívání *(moniliózy)* ovoce, strupovitosti jablek a hrušek, vyvolávají rakovinu větví ovocných stromů apod.

Některé druhy vytvářejí velké masité plodnice, jako např. **smrž obecný** *(Morchella esculenta)*, **ucháč obecný**, který je prudce jedovatý, a **chřapáč**. Ve Francii se uměle pěstuje **lanýž černý** *(Tuber melanosporum).*

Oddělení: **Houby stopkovýtrusné** *(Basidiomycota)*

Jejich vlákna jsou přehrádkovaná. Přehrádky mají v místě otvoru charakteristický soudečkovitý útvar.

Od vřeckovýtrusných hub se odlišují také tím, že nemají morfologicky odlišené pohlavní orgány. Nepohlavně se rozmnožují konidiemi.



Otvor v přepážce vlákna *(hyfy)* stopkovýtrusné houby

V jejich životním cyklu **převažuje dvoujaderné podhoubí**, které vzniká po setkání a splynutí dvou jednojaderných podhoubí, vyrůstajících z pohlavně odlišených výtrusů (+) a (–). Dochází ke splynutí buněčné plazmy ***(plazmogamii)***, nikoliv ke splynutí jader. Dvoujaderné podhoubí roste časově neomezeně dlouho a je schopné za příhodných podmínek vytvořit plodnice. Většina druhů při dělení dvoujaderných buněk vytváří **přezky** *(výrůstky zahnuté dozadu)*. Do přezky se přestěhuje jedno jádro z jaderného páru. Druhé jádro zůstává ve špičce buňky. Obě jádra se současně dělí. Jedno dceřiné jádro z přezky putuje do špičky buňky a jedno dceřiné jádro ze špičky buňky do její zadní části. Současně se vytvoří dvě přepážky. Jedna je těsně pod výrůstkem a rozdělí buňku na dvě dceřiné, druhá oddělí výrůstek od přední buňky.

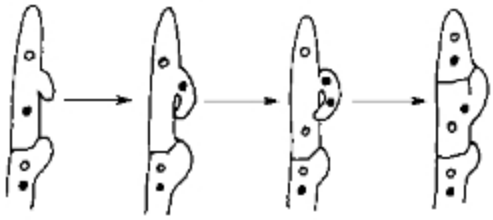
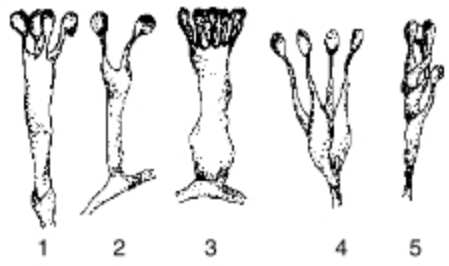
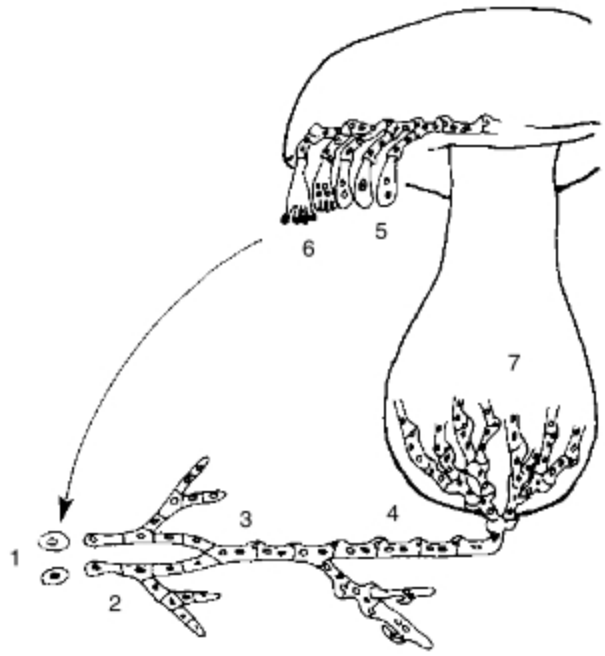


Schéma dělení dvoujaderné buňky vytvořením přezky

Teprve ve výtrusorodém roušku plodnice dochází v basidiích ke splynutí jader ***(karyogamii)*** a následujícímu meiotickému dělení. Vzniknou čtyři haploidní jádra, která se dále vyvinou ve čtyři stopečkaté výtrusy ***(basidiospory)***.



Typy basidií
1, 2, 3 – jednobuněčné basidie nesoucí na 4, 2, 8 stopečkách *(sterigmatech)* basidiospóry, 4, 5 basidie rozdělené přehrádkami na čtyři buňky, z nichž vyrůstají stopečky s basidiosporami

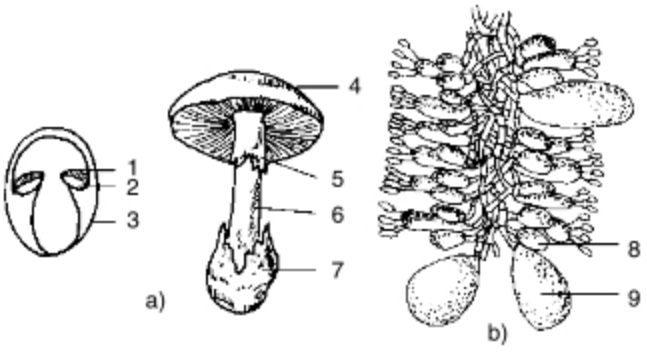


Pohlavní rozmnožování stopkovýtrusných hub
1 – výtrusy, 2 – monokaryotická podhoubí, 3 – plazmogamie, 4 – dikaryotické podhoubí, 5 – karyogamie s následující meiózou, 6 – basidie se stopečkatými basidiospórami, 7 – plodnice *(sporokarp)*

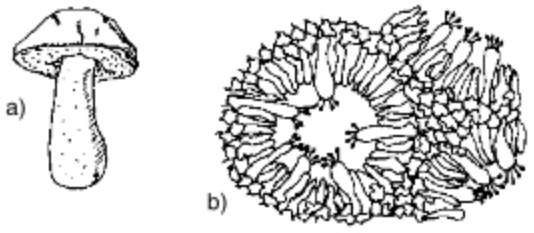
Basidie vytvářejí tenkou vrstvičku, která se nazývá **výtrusorodé rouško *(hymenium)***. Jsou umístěny buď v rourkách *(u hřibovitých)*, nebo na lupenech *(u bedlovitých)* hub.

Plodnice hub mají různou velikost a rozmanitý tvar. Pro řadu druhů je tvar plodnice charakteristický. Plodnice je tvořena kloboukem a třeněm. Na spodu klobouku je **hymenofor** s hymeniem. Hymenofor je hrotnatý, lupenatý nebo rourkovitý. Některé plodnice bývají v mládí obaleny **plachetkou** *(velum generale)*. Postupným růstem plodnice se plachetka trhá a zanechává na klobouku zbytky,

na bázi třeně pochvu. **Závoj** *(velum partiale)* zakrývá u některých plodnic v mládí rourky nebo lupeny, spojuje okraj klobouku s třeněm. Při růstu plodnice se trhá a zanechává na třeni prsten.



Plodnice lupenaté houby
a) 1 – hymenofor, 2 – závoj, 3 – plachetka, 4 – klobouk, 5 – prsten, 6 – třeň, 7 – pochva
b) Řez lupenem. 8 – neplodná vlákna, 9 – cystidy



a) **Plodnice rourkaté houby** – b) Příčný řez rourkou

Mnohé druhy rozrušují celulózu nebo dřevovinu *(lignin)*, nazývají se **dřevní houby** a nacházíme je na trouchnivějících větvích, pařezech či kmenech. Patří mezi ně **choroš** *(Polyporus)*, **václavka obecná** *(Armillaria mellea)*, **hlíva ústřičná** *(Pleurotus ostreatus)*, **dřevomorka domácí** *(Merulius lacrymans)*.

Plodnice mnohých druhů jsou jedlé. Patří mezi ně především **houby hřibovité** *(hřib, křemenáč, klouzek, kozák)*, houby rodů bedla, žampión, ryzec, holubinka, čirůvka, liška aj. Některé jsou jedovaté. Mezi smrtelně jedovaté patří:

Muchomůrka zelená *(Amantia phalloides)*, zaměňovaná s žampiónem ovčím, **muchomůrka tygrovaná** *(A. pantherina)*, zaměňovaná s muchomůrkou růžovkou, **závojenka olovová** *(Entoloma sinuatum)*, zaměňovaná s čirůvkou májovkou a **vláknice Patouillardova** *(v. začervenalá)*.

Mnohé druhy hub mají **léčivé účinky** – antibakteriální, antivirové, cytostatické apod.

Do této skupiny hub patří i **sněti** a **rzi**.

Sněti jsou většinou parazité. Jejich podhoubí žije v mezibuněčných prostorách hostitelských rostlin.

Sněť kukuřičná *(Ustilago maydis)* způsobuje velké nádory na rostlině kdekoliv v meristémech. V nádorech je velké množství spor, odolných proti nízkým teplotám a suchu. Infekce se přenáší ze zbytků napadených rostlin. Napadené rostliny je třeba spálit.

Prašná sněť pšeničná *(Ustilago tritici)*, **prašná sněť ovesná** *(U. avenae)* a **prašná sněť ječná** *(U. hordei)* přeměňují semeníky napadených rostlin. Místo obilek vzniká obrovské množství sazovitých výtrusů roznášených větrem.

Mazlavá sněť pšeničná *(Tilletia caries)* přeměňuje vnitřek obilek na mazlavou hmotu, zapáchající po slanečcích.

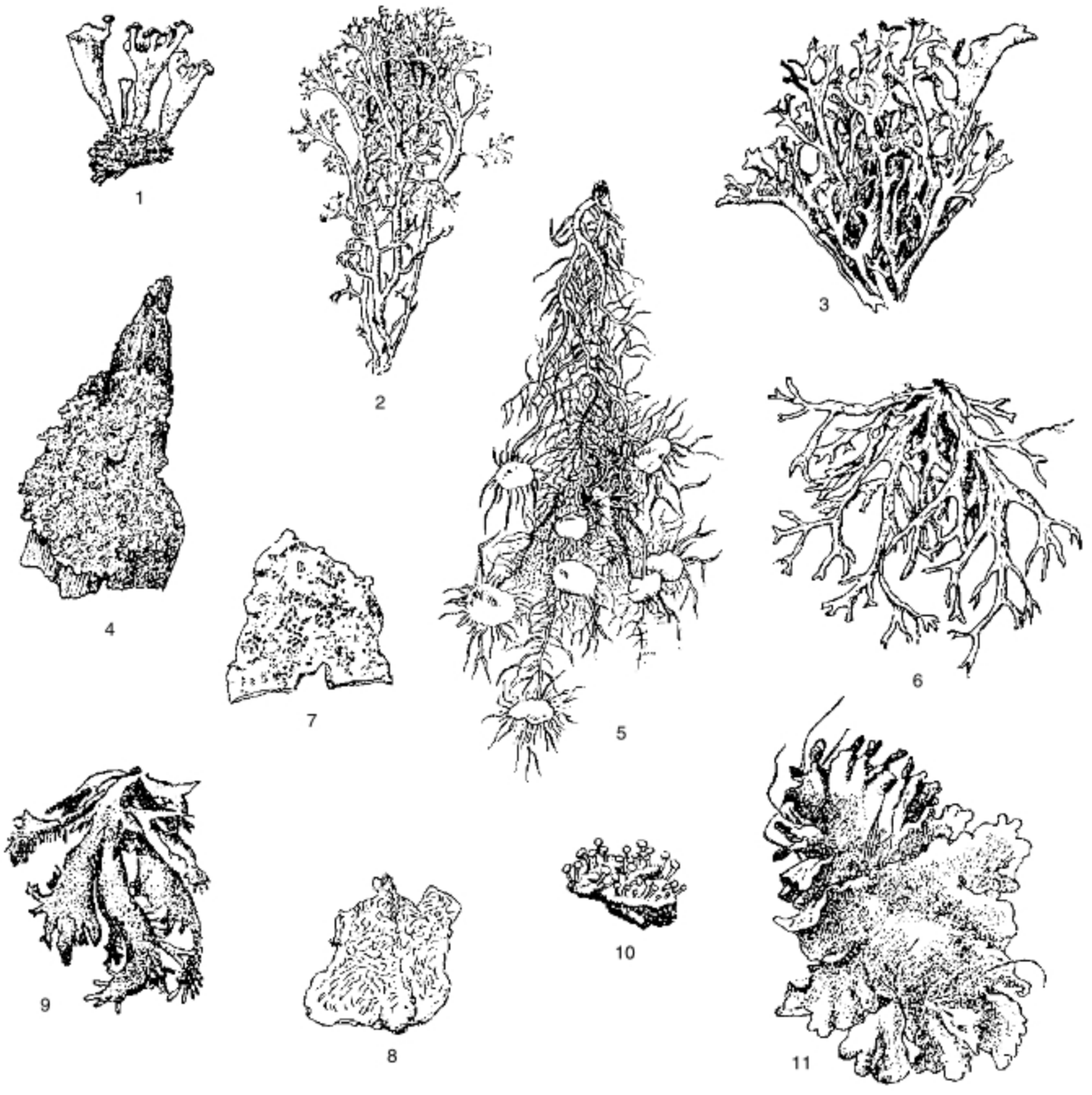
Rez travní *(Puccinia graminis)* parazituje na dříšťálu a některých druzích lipnicovitých. Významně snižuje výnosy obilovin *(viz doplněk str. 79)*.

• Další význam hub

Četné druhy hub *(většinou vřeckovýtrusných)* žijí v symbióze se sinicemi nebo zelenými řasami jako **lišejníky** *(Lichenes)*. Trvalá symbióza sinic a zelených řas s vlákny hub se označuje jako **lichenismus**. Stélky lišejníků tedy tvoří houbová vlákna a v nich jsou rozptýleny buňky sinic nebo zelených řas. K podkladu je lišejník přirostlý příchytnými vlákny. Lišejníky jsou ekologicky vyhraněnou skupinou, schopnou růst na biotopech, na kterých by samotná řasa ani houba nemohly existovat. Vylučovanými kyselinami naleptávají skalnatý podklad. Odumřelé stélky vytvářejí základ humusové vrstvičky, umožňující život vyšším rostlinám. V arktických krajích jsou potravou býložravců. Jsou též vysoce citlivé na znečištění ovzduší.

Rozmnožují se **nepohlavně** buď odlamováním stélky, nebo vytvářením drobounkých **tělísek** ***(soredií)*** – spletenců podhoubí s buňkami řas či sinic.

• **Mykorrhiza** je zvláštní způsob soužití kořenů vyšších rostlin s podhoubím některých druhů hub. Při **ektotrofní mykorrhize** obalují hyfy nejjemnější kořínky rostliny. Při **endotrofní mykorrhize** vnikají vlákna podhoubí až do buněk kořínků. Soužití je pro oba partnery výhodné, neboť si vyměňují navzájem některé pro život nezbytné látky. Houba poskytuje rostlině systém pro vedení vody s rozpuštěnými anorganickými látkami z půdy a některé růstové látky. Od rostliny získává asimiláty. Mykorrhizní houby jsou velmi citlivé na náhlé změny prostředí. S okyselováním půd v důsledku „kyselých dešťů“ dochází k úhynu mykorrhizních hub. Stromy špatně rostou, jsou oslabeny a napadány škůdci.



Typy našich lišejníků

1 – dutohlávka červcová, 2 – dutohlávka sobí, 3 – puklířka islandská, 4 – terčovka zední, 5 – provazovka, 6 – větvičník slívový, 7 – misnička, 8 – čárnička, 9 – větvičník otrubičný, 10 – malohubka, 11 – hávnatka psí

EKOLOGIE ROSTLIN A HUB

Základní pojmy

Ekologie se zabývá studiem vzájemných vztahů mezi organismy a prostředím. Předmětem **rostlinné ekologie** je tedy zkoumání vztahů mezi rostlinami a prostředím a vztahů rostlin mezi sebou. Žádný organismus nežije izolovaně. Každý jedinec žije v určitém místě, které mu poskytuje podmínky existence, má svůj životní prostor neboli **biotop**. Topograficky vymezený biotop určitého organismu se nazývá **stanoviště**. Každý organismus je jedním z mnoha jedinců téhož druhu. Soubor jednotlivých organismů téhož druhu, žijících v určitém místě a v určitém čase, tvoří **populaci** daného druhu. Ani různé druhy organismů nežijí odděleně. Žijí v rámci různě složitých společenstev, ve složitých vzájemných vztazích. Zkoumají-li se vztahy pouze mezi rostlinami, hovoříme o **fytocenóze**, při zkoumání vztahů mezi živočichy mluvíme o **zoocenóze**. Všechny organismy žijící společně ve vzájemných vztazích na určitém území tvoří **biocenózu**. Každá biocenóza tvoří jednotný celek s neživým prostředím, v němž žije a spolu s ním tvoří ekologickou soustavu – **ekosystém**. Množina všech ekosystémů na Zemi tvoří **biosféru**.

Organismy a prostředí

Každému organismu se nejlépe daří při souhrnu určitých podmínek prostředí, které označujeme jako **optimální podmínky** existence daného druhu. Nejnevhodnější podmínky, za kterých může organismus ještě přežít, označujeme jako **minimální** *(při dolní hranici)*, nebo naopak **maximální** *(při horní hranici)*. Rozpětí mezi oběma hranicemi je pro různé druhy různé. Rozmezí podmínek prostředí, jimž se může organismus přizpůsobit, udává **ekologickou valenci** organismu. Pro určitý organismus je důležité, aby všechny podmínky prostředí byly v rozmezí ekologické valence. Je-li jediná podmínka nevhodná, organismus zahyne. Podmínky rozdělujeme takto:

1. **podmínky abiotické** – souhrn vlivů neživé části přírody *(sluneční záření, teplota, atmosféra a její složení, chemické složení půdy, obsah rozpustných látek ve vodě aj.)*.
2. **podmínky biotické** – souhrn vlivů ostatních organismů na život jedince.

Ty druhy organismů, které se dovedou přizpůsobit velkému rozpětí podmínek *(s širokou ekologickou valencí)*, označujeme předponou **eury-** *(např. eurytermní – s velkou přizpůsobivostí ke změnám teplot)*, a naopak druhy s úzkou ekologickou valencí označujeme předponou **steno-** *(např. stenotermní)*. Organismy mající úzkou ekologickou valenci k některé podmínce prostředí označujeme jako **bioindikátory**. Jestliže známe rozsah tolerance druhu k určitému faktoru, můžeme toho zpětně využít pro zhodnocení stanoviště, na kterém uvedený druh roste. Rostlina na základě svých ekologických tolerancí indikuje vlastnosti stanoviště – je **ekologickým indikátorem** stanoviště. Např. vřes obecný má úzkou amplitudu tolerance k pH půdy. Výskyt vřesu na stanovišti vždy indikuje kyselou půdu.

Závěr:

Výskyt určitého druhu rostliny nebo celé její populace na stanovišti je výsledkem vzájemného působení: a) vlivu vlastností biotopu;
b) ekologických nároků rostliny.

Abiotické prostředí

1. Sluneční záření

je jediným vstupem energie do biosféry, a tedy také do všech ekosystémů. Z celého slunečního spektra je pro rostliny jediným přímo využitelným zdrojem energie viditelného světla v rozmezí vlnových délek 400 až 750 nm, tzv. **fotosynteticky aktivní záření** *(FAR)* pro primární produkci, která začíná fotochemickými ději fotosyntézy a zabezpečuje potravní řetězce, jejichž součástí je i člověk. Při dopadu slunečního záření do porostu dochází k jeho kvantitativním i kvalitativním změnám. Aktivním povrchem, na kterém k těmto změnám dochází, jsou listy. Na listech se uskutečňují tyto jevy:

a) **odraz** *(reflexe)* dopadajících paprsků *(10 až 20 procent)*. Závisí na kvalitě povrchu listů – hladké odrážejí více, matné a pokryté chlupy méně. Listy s větším turgorem odrážejí více než listy zvadlé. V jednotlivých vlnových délkách je reflexe různá. Infračervené záření odrážejí listy ze 70 %, viditelné světlo z 6 až 12 %, z malého množství dopadajícího ultrafialového záření odrážejí jen asi 3 %;

b) **pohlcení** *(absorpce)*. Největší část dopadající zářivé energie všech vlnových délek je pohlcena. Téměř veškerá absorbovaná energie je přeměněna na teplo, jen 2 až 10 % energie viditelné části spektra je využito pro fotosyntézu;

c) **průchod záření listem** *(transmise)* závisí na tloušťce listů. Tenké listy mohou propustit až 40 procent záření. Prošlé záření je složeno především z vlnových délek 500 nm a tomu odpovídají přizpůsobení rostlin tvořících podrost.

Sezónní změny v průniku záření podmiňují **vegetační** rytmus vývoje rostlin v podrostu. Např. v opadavém lese se vytváří **jarní aspekt** z bylin, které jsou náročné na intenzitu přímého záření, a které ukončují svůj vegetační cyklus v době, kdy

dochází k úplnému olistění stromů *(dymnivky, prvosenky, sasanky, orseje)*. Po olistění nastává **letní aspekt**, tvořený rostlinnými druhy, které mají menší požadavky na světelné záření *(starček hajní, lipnice hajní, věsenka nachová)*.

Podle nároků na zářivou energii na svých stanovištích se mohou rostliny rozdělit do tří skupin:

– **Slunobytné** *(heliofyty) (pouštní, stepní, horské, tundrové)*.
– **Heliosciofyty** – rostliny tolerantní jak k vysoké hustotě záření, tak snášející různý stupeň zastínění *(šalvěj luční, srha říznačka, ječmen myší, čistec)*.
– **Stínobytné** *(sciofyty)* – nesnášejí přímé osvětlení *(věsenka nachová, lecha jarní, kapradiny)*.

2. Teplota prostředí

• **Eurytermní rostliny** mají širokou teplotní amplitudu od –5 do +55 °C. V reprodukční fázi však mají amplitudu menší –5 až +40 °C *(luční a hajní druhy)*.

• **Stenotermní rostliny** mají relativně úzkou teplotní amplitudu *(např. řasa Chlamydomonas roste na sněžných políčkách při 0 °C, některé řasy žijí v horkých pramenech, kde je rozsah teploty +60 °C až +70 °C)*.

Při překročení limitující teplotní hranice dochází k poškození protoplazmy buněk. Optimální teplota většiny eurytermních rostlin je +20 až +25 °C.

Z hlediska přizpůsobení rostlin rozlišujeme:

– **Termofyty** *(teplobytné rostliny)*, snášející vysoké teploty.
– **Psychrofyty** *(chladnobytné rostliny)*, snášející nízké teploty.
– **Kryofyty** – rostliny žijící na sněhu.

VÝŠKOVÁ STUPŇOVITOST

Roční průměrná teplota vzduchu klesne přibližně o 0,5 °C na každých 100 m výšky. Se zvyšující se nadmořskou výškou se mění také další faktory – zvyšuje se množství srážek, intenzita větru, podíl UV složky slunečního záření. Výškovou stupňovitost vegetace v závislosti na průměrné roční teplotě lze vyjádřit následující tabulkou:

stupeň	průměrná roční teplota °C	nadmořská výška (metrů)
dubohabr. lesů	7 až 10	do 400– 500
bučin	4 až 7	do 800–1100
smrčin	1 až 4	mezi 1000–1500
kleč. porostů	0 až 2	mezi 1400–1800
alpin. porostů	–4 až 0	nad 1800

3. Voda

Je univerzálním rozpouštědlem. Jsou na ní závislé všechny metabolické procesy. Zdrojem vody pro rostliny jsou atmosférické srážky. Rostliny přijímají vodu hlavně kořeny a přizpůsobily se stanovištím s různou vlhkostí. Podle vztahu ke **stanovištní vlhkosti** rozlišujeme ekologické typy:

– **Hydrofyty** – rostliny vázané na vodní prostředí.
– **Hygrofyty** – rostliny rostoucí na mokrých až zbahnělých půdách.
– **Mezofyty** – rostliny rostoucí na vlhkých, čerstvě a mírně vlhkých půdách.
– **Xerofyty** – rostliny rostoucí na půdách suchých, nebo převážnou část roku suchých.

4. Půda

Vzniká spolupůsobením klimatu a živých organismů z matečné horniny. Její fyzikální a chemické vlastnosti jsou proto výsledkem všech faktorů působících v ekosystému. Půda je systém vody, minerálních látek, vzduchu, živých a mrtvých organismů a jejich rozkladných produktů. Na rozkladu *(dekompozici)* se podílí většina půdních organismů. Půdní organismy nazýváme obecně **edafon**. Hlavními rozkladači jsou heterotrofní mikroorganismy a saprofágové *(půdní bakterie, kvasinky, plísně, houby)*. Na rozkladné činnosti se podílejí i drobní živočichové *(půdní roztoči, chvostoskoci)*, kteří rozmělňují čerstvě odumřelé organické zbytky *(detritus)* na jemné části, čímž zvětšují povrch dostupný mikroorganismům. Za optimálních teplotních a vlhkostních podmínek dochází k úplnému rozkladu organické hmoty – **mineralizaci** na anorganické látky rozpustné ve vodě, které se dostávají zpět do rostlin. I když hlavním dodavatelem chemických prvků do vznikající půdy je matečná hornina, u dostatečně hlubokých půd, vzniklých dlouhodobým procesem, je chemické složení půdy již odlišné od chemického složení matečné horniny. U mělkých půd se však výrazně uplatňuje chemické složení matečné horniny. Rostou na nich rostliny, jejichž ekologické nároky jsou v souladu s chemickými vlastnostmi půdy. Bezprostřední vazbu na geologický substrát mají rostliny rostoucí na povrchu skal *(petrofyty)*. Patří mezi ně řasy, lišejníky, mechy a kapradiny. Rostliny kořenící ve skalních štěrbinách se nazývají **chazmofyty**. Jejich druhové zastoupení se liší podle toho, zda rostou na vápencovém nebo silikátovém podkladu.

Specifické ekologické vlastnosti mají písčité půdy. Na nich tvoří společenstvo rostliny označované jako **psamofyty** *(mateřídouška úzkolistá, kostřava písečná, hvozdík písečný)*. Důležitým faktorem je i **kyselost a zásaditost půdy** *(půdní reakce, pH půdy)*. Podle nároků na pH půdního prostředí dělíme rostliny na:

a) **acidofyty**, vyžadující kyselé půdy s pH menším než 6,7 *(vřes, kostřava ovčí, rosnatka okrouhlolistá)*;

b) **neutrofyty**, rostoucí na půdách s pH 7;

c) **alkalofyty**, rostoucí na půdách s pH větším než 7,2 *(ostřice nízká)*.

Hodnota pH menší než 3 a větší než 9 způsobuje poškození kořenových buněk a úhyn rostlin.

Rostliny jsou citlivé také na obsah solí *(chloridů, síranů, uhličitanů Na^+, K^+, Ca^{2+})* v půdě. Tyto soli zvyšují osmotickou hodnotu půdního roztoku. Vyšší obsah solí v půdě nesnášejí **halofobní rostliny** *(většina listnatých dřevin, květák, mrkev)*. Opakem jsou **halofytní rostliny**, které na zasolených půdách nejen rostou, ale přítomnost solí pro svůj růst a vývoj potřebují *(mangrovové porosty na pobřežích tropických moří)*.

5. Atmosféra

Poskytuje rostlinám základní stavební prvky: uhlík, kyslík, dusík.

• **Uhlík** získávají rostliny z atmosférického oxidu uhličitého. Je to jediný zdroj uhlíku pro stavbu biomasy.

• **Kyslík** je potřebný pro dýchání rostlin. Důležitá je především jeho přítomnost v půdě. V půdním vzduchu je obsah kyslíku o něco menší než v atmosférickém. Je to proto, že spotřeba kyslíku půdními mikroorganismy a dýcháním kořenů je velká, zatímco difuze vzduchu do půdy je často pomalá. Rozhodující je velikost prostorů mezi půdními částicemi *(půdní póry)*. Málo prokysličené jsou proto jílovité půdy. U rostlin žijících v bažinatých půdách se tvoří **dýchací kořeny**, které vyrůstají negativně geotropicky z půdy do vzduchu, nebo **chůdovité kořeny**, které jsou trvale nad povrchem půdy.

• **Dusík** je potřebný pro syntézu rostlinných bílkovin, u vyšších rostlin také k tvorbě dusíkatých látek *(alkaloidů)*. Rostlinami je přijímán především ve formě dusičnanové NO_3^- a amoniové NH_4^+. Do půdy se dostává čtverým způsobem.

1. **Z plynných sloučenin v atmosféře** *(vznikajících ze vzdušného dusíku elektrickými výboji při bouřkách)* a z exhalátů. Do půdy se dostávají se srážkami.
2. **Činností mikroorganismů** *(vazačů dusíku)*, které mají schopnost vázat přímo vzdušný dusík. Např. aerobní půdní bakterie *Azotobacter chroococcum*, anaerobní půdní bakterie *Clostridium pasteurianum*, hlízkovité bakterie z rodu *Rhizobium*, žijící v symbióze s kořeny bobovitých rostlin, sinice rodu *Nostoc* a *Anabaena*.
3. **Mineralizací odumřelých těl** rostlin, živočichů a vazačů dusíku. Při mineralizačním procesu musí být dusík uvolněn z organických molekul bílkovin v anorganické podobě *(NH_3)*. Tento proces provádějí **amonizační bakterie**. **Nitritační bakterie** převedou amoniak na nitritovou formu NO_2^- a **nitratační bakterie** na formu dusičnanovou NO_3^-. Zatímco tyto organismy jsou aerobní, mohou za anaerobních podmínek **denitrifikační bakterie** převést část dusičnanů na plynný dusík, unikající do atmosféry, a ochuzovat tak půdu o dusíkaté látky *(vidíme zde význam provzdušňování půdy)*.

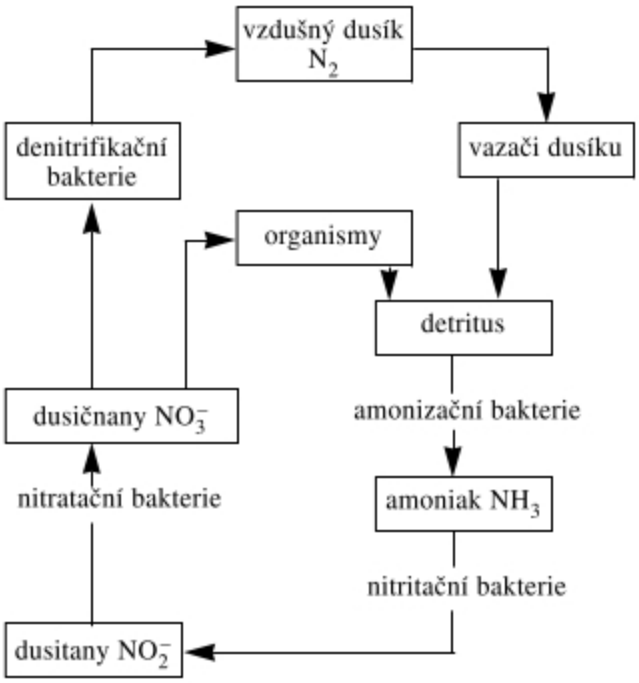


Schéma koloběhu dusíku

4. **Dusíkatými hnojivy** *(ledky, močovina)*.

Rostliny náročné na obsah dusíku v půdě se nazývají **nitrofyty** a tvoří **nitrofilní společenstva** *(kopřiva, lebeda, pýr plazivý, merlík)*. Opakem jsou **nitrofobní společenstva** rostoucí na substrátech se silně kyselou reakcí, která brzdí nitrifikační činnost mikroorganismů. Patří sem rostliny rašelinišť *(rojovník, klikva, šicha)*. Na rašeliništích také rostou **masožravé rostliny**, které získávají potřebné dusíkaté látky rozkladem těl živočichů *(rosnatka, tučnice)*.

ZNEČIŠTĚNÍ ATMOSFÉRY

Má velký vliv na vegetaci. Znečištění je způsobováno:

a) **tuhými emisemi** *(popílek, prach)*. Tuhé emise ucpávají průduchy na listech. Při ovlhčení se uvolňují rozpustné složky, které pronikají do pletiv. Jde většinou o jedovaté látky rozrušující asimilační barviva. Rostliny kontaminované tuhými emisemi se dostávají do potravních řetězců a ohrožují zdraví živočichů a člověka;

b) **plynnými emisemi**. Plynné emise jsou produktem spalování uhlí *(SO_2)*, metalurgických výrob *(HF, SiF_4, sloučeniny rtuti a jiných těžkých kovů, chloru a jiných)*, automobilové-

ho a leteckého provozu *(CO, sloučeniny olova, aldehydy, oxidy síry, dusíku, aromatické uhlovodíky, benzpyreny)*, používáním sprejů a chladicích zařízení *(freony)*.

• **Oxid siřičitý** SO_2 působí předčasný opad listů, především u jehličnanů. Jedovatě působí zvláště na lišejníky. Spolu s oxidy dusíku, halogenovodíky a chlorem je příčinou kyselých dešťů, okyselování půd a povrchových vod. V kyselých půdách je narušena mykorrhiza, stromy špatně rostou a odumírají.

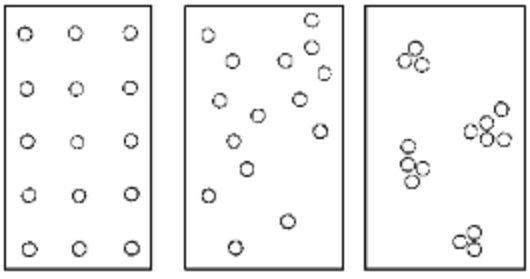
Ekologie populace

POPULACE ROSTLIN představuje soubor jedinců stejného druhu, rostoucích na určitém stanovišti v určitém čase. Populace může být různě veliká a její velikost se v čase mění *(kolísá)*. Příčinou těchto kvantitativních změn je **natalita *(množivost)*** – tvorba nových jedinců, která je závislá na množství výtrusů, semen a jejich šíření a schopnosti nepohlavního rozmnožování, a **mortalita *(úhyn)*** jedinců populace vlivem nepříznivých podmínek prostředí, množstvím býložravců, vnitro a mezidruhovou konkurencí o živiny a prostor.

Významnými vlastnostmi populace jsou:

a) **hustota populace**, udávající počet jedinců nebo hmotnost biomasy *(hmotnost jedinců populace)* na určitou jednotku plochy nebo objemu *(např. 60 buků na 1 ha)*;

b) **struktura populace**, která je dána rozmístěním jedinců, jež může být:
   – **pravidelné** *(vzniká u jedinců s ostrou konkurencí)*;
   – **náhodné** *(je vzácné)*;
   – **v seskupeních** *(je nejčastější, ať se rostliny rozmnožují semeny nebo vegetativně, převládá tendence, aby potomstvo zůstalo v blízkosti mateřské rostliny)*. Seskupení mohou být různě veliká a mohou být opět uspořádána pravidelně, náhodně či agregovaně.



Rozmístění jedinců v populaci
a) – pravidelné, b) – náhodné, c). – náhodná seskupení

U populace dále rozlišujeme **strukturu věkovou** *(např. populace s převahou starších jedinců)* a **strukturu sexuální** *(poměr počtu samčích a samičích jedinců)*.

VZÁJEMNÉ VZTAHY *(interakce)* **MEZI POPULACEMI** můžeme posuzovat z hlediska, jak se tyto interakce projevují na růstu a vývoji zúčastněných organismů.

Rozlišujeme interakce:

a) **negativní** *(mezi ně patří konkurence, alelopatie, parazitismus)*;

b) **kladné** *(mutualismus)* – vzájemný vztah dvou spolužijících druhů je výhodný pro jejich růst a vývoj. Patří mezi ně symbióza, mykorrhiza, lichenismus a vztah nitrogenních bakterií a kořenů;

c) **epifytismus** – jedna rostlina roste na druhé rostlině bez jakéhokoliv dalšího vztahu k ní. Používá ji jako podložku.

• **Konkurence mezidruhová** působí mezi populacemi dvou nebo více druhů. Uplatňuje se u vedle sebe rostoucích druhů se stejnými nároky na kvalitu a kvantitu živin ve stejnou dobu.

• **Konkurence vnitrodruhová** redukuje hustotu jedinců v populaci. Z populace jsou obvykle eliminováni nejslabší jedinci.

• **Alelopatie** je vzájemný vztah mezi dvěma populacemi, kdy jedna z nich je ovlivňována chemickými látkami *(bakteriální toxiny, antibiotika, silice, terpeny, fenoly, alkaloidy aj.)*, vylučovanými druhou populací. Ve většině případů působí tyto látky na růst a vývoj sousední populace **inhibičně**. Do prostředí se dostávají trojím způsobem:
– výměšky kořenů do půdního roztoku;
– jako výluhy nadzemních částí rostlin po jejich opadu srážkovou vodou;
– aromatické prchavé látky mohou ovlivňovat rostliny sousední populace přímo, nebo se dostávají se srážkami do půdy.

Alelopatická inhibice způsobuje:

a) zpomalení až zastavení klíčení semen jiných druhů rostlin

b) znemožňuje vývoj nebo růst již vyklíčených rostlin.

Mezi rostliny známé alelopatickým účinkem patří např. *pelyněk, pýr, merlík, slunečnice, šalvěj, broskvoň* aj. U některých druhů bylo zjištěno také **autoinhibiční působení**, tj. vylučování látek zabraňujících klíčení semen rostliny v dosahu chemického vlivu mateřské rostliny.

• **Poloparazitismus** se vyskytuje u zelených rostlin schopných fotosyntézy, které vodu s rozpuštěnými živinami přijímají z těla hostitele. Svými haustoriemi jsou napojeny na dřevní část cévního svazku hostitele *(světlík, jmelí, ochmet)*.

• **Parazitismus** mezi vyššími rostlinami je poměrně vzácný *(podbílek šupinatý, záraza)*, častý je u bakterií, plísní, snětí a hub. Parazité z těla hostitele získávají všechny potřebné živiny, včetně asimilátů. U některých rostlin jsou proti parazitům vytvářeny účinné látky *(cibule kuchyňská, česnek, lopuch)*, které se nazývají **fytoncidy**.

• **Symbióza** je typem mutualismu. Patří sem lichemismus, mykorrhiza a soužití hlízkovitých bakterií s kořeny bobovitých.

• **Vztahy mezi rostlinami a živočichy** se mohou na rostlinách projevovat různým způsobem:

a) **kladně**, rostliny jsou tímto vztahem ve svém vývoji a růstu podporovány *(např. opylování hmyzem, rozšiřování semen a plodů živočichy);*

b) **negativně** *(spásáním, okusem a sešlapem býložravců);*

c) **indiferentně** *(rostliny jsou úkrytem živočichů, umožňují ptákům stavění hnízd).*

• **Vliv člověka na rostlinné populace** se započal uplatňovat v době, kdy se člověk stal pastevcem a zemědělcem. Člověk získával půdu na pěstování zemědělských rostlin **odlesňováním**. Na nových, uměle vytvořených stanovištích, se rozšířily plevelné druhy, okolo cest a na skládkách roste **ruderální vegetace** *(lebeda, merlík, kopřiva, vratič, rdesno)*. Rostliny rozšířené činností člověka se nazývají **synantropní rostliny**.

a) Jednak jsou to rostliny zavedené, do území **úmyslnou činností** tzv. **antropofytní rostliny** *(květiny, zeleniny apod.)*

b) Jednak jsou to rostliny neúmyslně zavlečené *(s dovozem obilí, bavlny, rýže)*, tzv. **adventivní rostliny**. Mnohé z nich se nacházejí na překladištích v přístavech, podél tratí a na nádražích a na skládkách. Některé druhy se rychle rozšiřují *(pěťour, netýkavka malokvětá)*.

Ekologie společenstva (synekologie)

Rostlinné společenstvo *(fytocenóza)* je souborem jedinců a populací rostlinných taxonů, rostoucích na určitém stanovišti, které jsou ovlivňovány svým prostředím, ovlivňují se navzájem a ovlivňují zpětně i prostředí.

Je-li tvořeno společenstvo jedinci jedné populace, hovoříme o **monocenóze** *(čistém porostu)*. Monocenózy jsou nejčastěji kulturní společenstva, uměle vysázená např. obilné pole, smrkový porost, jabloňová plantáž. Příkladem přirozené monocenózy může být břehové společenstvo rákosu. Většina rostlinných společenstev jsou **polycenózy** *(smíšené porosty)*.

Rostlinná společenstva nejsou náhodná seskupení rostlin. Tvoří se z opakujících se souborů taxonů. Některé druhy se vyskytují velmi často spolu, jiné nenajdeme nikdy pohromadě. Na určitém typu stanoviště obvykle roste určité společenstvo a naopak každému typu fytocenózy lze přiřadit určitý typ stanoviště. Existuje tedy těsný vztah mezi složením a strukturou fytocenózy na jedné straně a souborem podmínek stanoviště na straně druhé. V přírodě, kde společenstva rostlin nejsou narušena činností člověka, se těžko hledá hranice mezi dvěma společenstvy. Společenstva do sebe přecházejí plynule. Ostré, zřetelně oddělené hranice mezi společenstvy se tvoří činností člověka, popřípadě mohou být vytvořeny alelopatickým působením. V místech, kde se dvě společenstva stýkají, se vytváří různě široký pruh, tvořený společenstvem přechodných vlastností a přechodného složení. Toto přechodné stanoviště mezi dvěma společenstvy se nazývá **ekoton** *(lemové společenstvo)*, které je obvykle druhově bohatší něž kontaktní společenstva.

• **Struktura společenstva**

Společenstvo je systém tvořený populacemi druhů s jejich interakcemi. Ve společenstvu vzniká soustava nik. **Ekologická nika** je abstraktní pojem, který popisnou formou shrnuje všechny nároky organismu, tj. všechny životní podmínky k tomu, aby organismus zachoval životaschopnou populaci a množství každého ze zdrojů, které k tomu potřebuje. Prostorová struktura fytocenózy se studuje ve dvou na sobě kolmých rovinách – vertikální a horizontální. Ve **vertikální rovině** se sleduje rozvrstvení do pater. Konvenčně byla jednotlivá patra rozdělena takto:

1. **Přízemní patro** *(lišejníkové, mechové)*, rostliny pokrývající půdu.
2. **Bylinné patro** je tvořeno rostlinami do výšky jednoho metru.
3. **Keřové patro** je tvořeno rostlinami vyššími než 1 m a nižšími než 3 m.
4. **Stromové patro** je tvořeno rostlinami vyššími než 3 m.

Rovněž v půdním prostoru se rozlišují:

1. **Svrchní kořenové patro**, zasahující od povrchu do 20 cm hloubky.
2. **Střední kořenové patro**, od 20 cm do 1 m hloubky.
3. **Spodní kořenové patro**, sahající do hloubky větší než 1 m.

Horizontální struktura je tvořena rozšířením rostlinných populací ve vodorovném směru.

Změny ve struktuře společenstva probíhají neustále. Mění se uspořádání, hustota populací a jejich velikost. Vegetace je nekonečně proměnlivá.

Změny sezónní *(fenologické)*. Rostliny ve společenstvu procházejí během roku vegetačním vývojovým cyklem, který se každoročně opakuje.

Ekologická sukcese je vývojový děj, který probíhá ve společenstvu na určitém stanovišti v časovém úseku delším než jeden rok. Vývoj se děje necyklicky určitým směrem. Společenstvo prochází postupnými stadii až k závěrečné fytocenóze, reprezentující v daných abiotických podmínkách maximum možné biomasy. Takové společenstvo, které dospělo k rovnováze s podnebím, se nazývá klimax. **Klimax** je nejstabilnější a nejkomplexnější společenstvo, značně odlišné od výchozího stavu dynamické sukcese.

Ekosystém

Je tvořen společenstvem s jeho abiotickým prostředím. Je to základní jednotka, v níž dochází k oběhu látek, převodu energie a přenosu informací, podléhá změnám v čase a projevuje složité autoregulační reakce. V každém ekosystému jsou tyto složky:

– anorganické látky zapojené do oběhu;
– organické látky;
– klimatický režim;
– producenti *(autotrofní organismy, zejm. rostliny);*
– konzumenti *(heterotrofní organismy, především živočichové);*
– dekompozitoři *(destruenti, reducenti) (především heterotrofní organismy, hlavně mikroorganismy a houby).*

Rostliny jako **primární producenti** mají v ekosystémech rozhodující úlohu základního zdroje chemicky vázané energie, přístupné pro celou biologickou složku ekosystému a primárního zdroje jeho organické hmoty. Zatímco látky *(voda, uhlík, dusík, fosfor, kyslík aj.)* uskutečňují neustálý koloběh, tok energie je jednosměrný a nevratný.

Biomy

Jsou soubory ekosystémů, navzájem blízkých strukturou a funkcemi, které se rozvinuly v určitých podmínkách prostředí. Biomy jsou např. tropické deštné pralesy, savany, tropické pouště a polopouště, opadavé listnaté lesy mírného pásma, stepi, pouště a polopouště mírného klimatu, vlhké jehličnaté lesy mírného pásma, jehličnatá tajga, tundra. *(Viz barevná obrazová příloha.)*

Rozšíření rostlin na Zemi

Oblasti, v nichž se určitý druh vyskytuje, představují areál jeho výskytu.

Areály původní *(primární)* jsou přirozeně vzniklé a druh je zde původní *(autochtonní).*

Areály druhotné *(sekundární)* vznikly působením člověka a druhy jsou zde zavlečené *(allochtonní).*

V souvislosti se změnami prostředí v průběhu geologického vývoje zemské kůry se areály jednotlivých druhů zužovaly nebo rozšiřovaly, jednotlivá místa se od sebe oddělovala *(izolovala).* Na místech, kde zůstaly zachovány přibližně původní podmínky prostředí, se dosud vyskytují některé původní druhy – **relikty**.

Druhy vyskytující se jen v určitém území a jinde se nevyskytující se nazývají **endemity**.

Fytogeografické členění Země

Základní společenstva se opakují na celém světě. Každý světadíl má však vlastní osobitá rostlinná a živočišná společenstva, která se přizpůsobila jeho specifickým podmínkám. Tyto rozdíly nejlépe vyjadřuje fytogeografické rozčlenění do šesti fytogeografických oblastí:

1. **Holarktická oblast**

Zahrnuje mimotropickou část severní polokoule. Hlavními biomy jsou tundra, tajga, jehličnatý les, step, opadavý listnatý les, tvrdolistový les a křoviny, polopoušť a poušť.

2. **Paleotropická oblast**

Zahrnuje tropy starého světa. Hlavními biomy jsou tropický deštný les, savana, tropická poušť a polopoušť.

3. **Neotropická oblast**

Zahrnuje tropy nového světa. Její autochtonní flóra se vyvíjela až po oddělení Jižní Ameriky od Afriky. Hlavními biomy jsou tropický deštný les, polopoušť a poušť.

4. **Kapská oblast**

Zahrnuje jen malou část na jihu Afriky. Obsahuje velký počet endemitů *(asi 73 %)*. Hlavními biomy jsou polopoušť a poušť, savana.

5. **Australská oblast**

Obsahuje velký počet endemitů *(asi 83 procent)*. Vyvíjela se dlouho izolovaně od ostatních kontinentů. Hlavními biomy jsou polopoušť a poušť, savana a tropický deštný les.

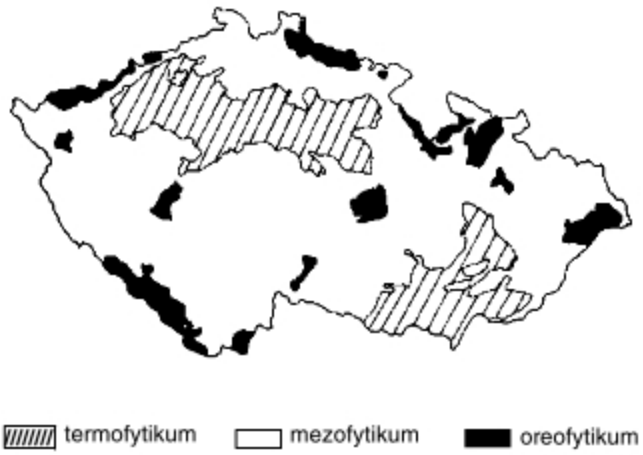
6. **Antarktická oblast**

Zahrnuje Antarktis, Patagonii a část Nového Zélandu. Má nejchudší flóru, jejíž základ je ve starobylé flóře Antarktidy z doby před jejím zaledněním.

Fytogeografie ČR

Území České republiky je zařazeno do středoevropské provincie eurosibiřské podoblasti Holarktidy. Rozlišujeme tři základní obvody ČR.

1. **Termofytikum**, zaujímající nížiny a pahorkatiny. Na jeho území roste teplomilná květena.
2. **Mezofytikum** je fytochorion středních výškových poloh, ve kterých je klimaxem širokolupenný opadavý listnatý les, zastoupený hlavně bučinami.
3. **Oreofytikum** s téměř úplnou absencí teplomilných druhů. Jeho vegetační dominantou jsou jehličnaté lesy.



DOPLŇKY

Chemické složení bakteriální buňky

Mikroskopickým pozorováním buňky bakterie *Escherichia coli (kvasné bakterie přítomné v tlustém střevě)*, která je kromě člověka nejintenzívněji studovaným organismem, uvidíme tyčinkovité tělísko asi 2 μm dlouhé a 1 μm široké. Toto tělísko má hmotnost přibližně $2 \cdot 10^{-12}$ gramu.

I tak nepatrný objekt z hlediska biologa je z hlediska chemika fantasticky veliký a je velmi obtížné jej na molekulární úrovni sledovat.

Přibližné složení rychle se dělící buňky E. coli

látka	počet různých druhů	průměrná molekulová hmotnost	odhadnutý počet v buňce	% celkové hmotnosti
voda	1	18	$4 \cdot 10^{10}$	70,0
anorganické ionty	20	40	$2{,}5 \cdot 10^{8}$	1,0
ostatní malé molekuly	250	150	$1{,}5 \cdot 10^{7}$	0,2
sacharidy a jejich prekursory	200	150	$2 \cdot 10^{8}$	3,0
aminokyseliny a jejich prekursory	100	120	$3 \cdot 10^{7}$	0,4
nukleotidy a jejich prekursory	200	300	$1{,}2 \cdot 10^{7}$	0,4
lipidy a jejich prekursory	50	750	$2{,}5 \cdot 10^{7}$	2,0
bílkoviny	2–3 tisíce	40 000	10^{6}	15,0
nukleové kyseliny DNA	1	$2{,}5 \cdot 10^{9}$	4	1,0
RNA				6,0
16 SrRNA	1	$5 \cdot 10^{5}$	$3 \cdot 10^{4}$	
23SrRNA	1	$1 \cdot 10^{6}$	$3 \cdot 10^{4}$	
tRNA	60	$2{,}5 \cdot 10^{4}$	$4 \cdot 10^{5}$	
mRNA	1000	$1 \cdot 10^{6}$	$1 \cdot 10^{3}$	

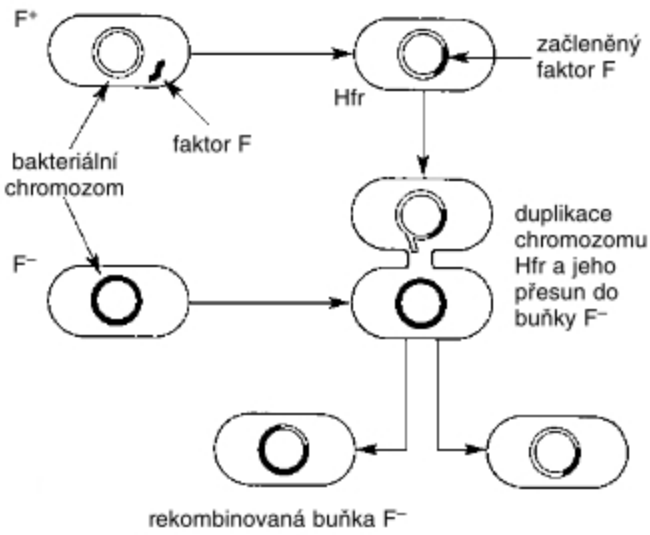
Pohlavní rozmnožování bakterie
(Escherichia coli)

Začíná v okamžiku, kdy se samčí buňka spojí úzkým můstkem s buňkou samičí . Samčí chromozom se začne pohybovat k samičí buňce. Jeho přestup není obvykle úplný; pouze část samčího chromozomu vstoupí do samičí buňky dříve, než se obě buňky oddělí. Tato část samčího chromozomu nahradí odpovídající část v samičím chromozomu.

Pohlavní rozdíl mezi samičími a samčími buňkami určuje přítomnost specifického genetického faktoru označovaného **F-faktor** *(fertilní faktor)*. Je-li v buňkách přítomen (F^+), buňky jsou samčí, není-li přítomen (F^-), buňky jsou samičí.

F-faktor může existovat ve dvou alternativních stavech, buď jako část chromozomu buňky, nebo jako malý, volný cirkulární chromozom, který se replikuje jednou při každém buněčném dělení. V tomto druhém případě jsou F^+ buňky jen potenciálně samčí, protože nemohou přenášet své geny do F^- buněk.

Jen tehdy, je-li F-faktor součástí chromozomu, mohou se samčí buňky párovat. Buňky obsahující



Přenos části chromozomu ze samčí do samičí buňky
***(Sexualita u** Escherichia coli)*

F-faktor jako součást bakteriálního chromozomu se označují **Hfr** *(high frequency of recombination – vysoká frekvence rekombinací)*.

Tento výše uvedený způsob při němž dochází ke genetické rekombinaci, se označuje jako **konjugace**.

Jsou známy ještě další dva mechanismy bakteriálních genetických rekombinací.

- **transformace**, při které živá buňka přibere zlomek molekuly DNA uvolněné do prostředí z odumřelé buňky;
- **transdukce**, při níž jsou zlomky DNA přeneseny z jedné buňky do druhé viry.

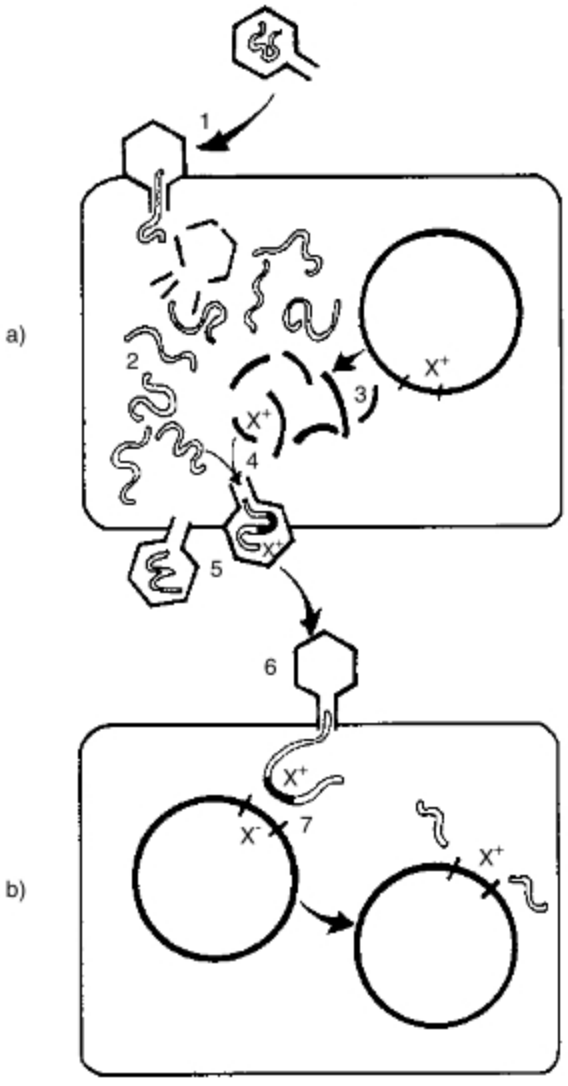


Schéma transdukce

a) 1 – bakterie infikovaná fágem, 2 – DNA-fága se replikuje, 3 – bakteriální DNA se rozpadá, 4 – zlomek bakteriální DNA (X^+) je začleněn do fágové DNA, 5 – bakteriální buňka se rozpadá a fágové částice se uvolňují

b) 6 – fág se začleněným zlomkem (X^+) bakteriální DNA infikuje další bakteriální buňku, 7 – rekombinační výměna úseku (X^-) za úsek (X^+) v bakteriální DNA

Když normálně haploidní bakteriální buňka obdrží navíc DNA kterýmkoliv z uvedených způsobů, stává se částečně diploidní. Tato diploidie je pouze dočasná, haploidie je ihned obnovena eliminací všech genů, které nebyly přijaty do nového, rekombinovaného chromozomu.

Golgiho systém

Produkty endoplazmatického retikula jsou v malých transportních váčcích, které se oddělují od hrubého ER nebo hladkého ER, přenášeny do Golgiho systému. Procházejí jeho membránami a jsou enzymaticky upravovány. V živočišných buňkách takovou úpravou procházejí např. bílkoviny, lipidy a steroidy, v rostlinných buňkách bílkoviny a složité sacharidy *(celulóza)*.

Váčky s upravenými látkami opouštějí Golgiho systém. Tak vznikají i lyzozomy.

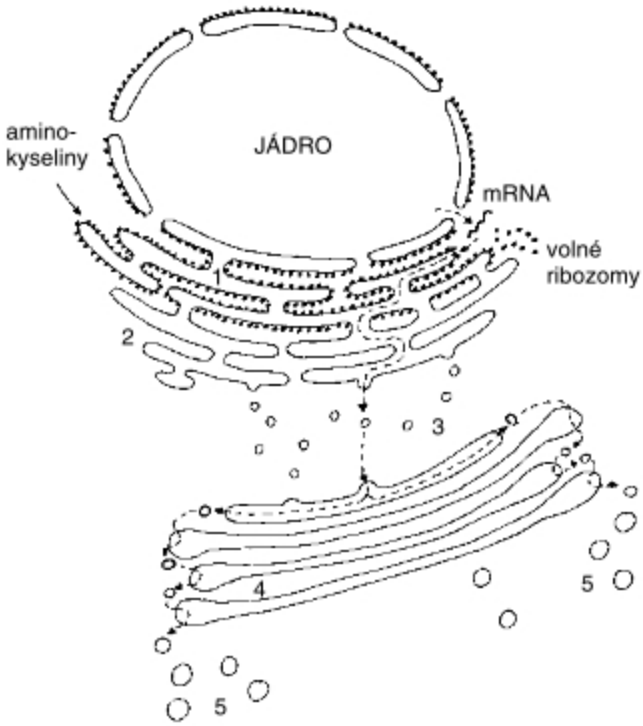


Schéma úpravy látek v Golgiho systému

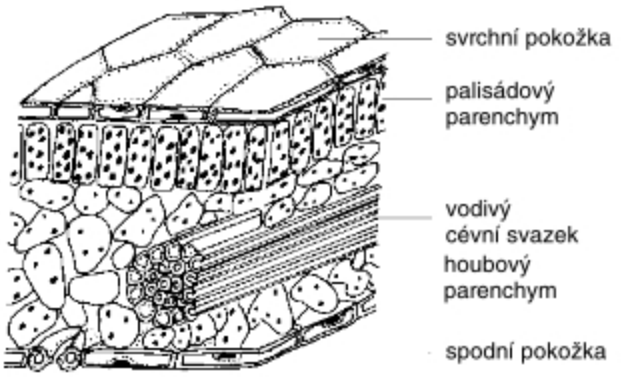
1 – hrubé ER, 2 – hladké ER, 3 – transportní váčky s látkami k úpravě v Golgiho systému, 4 – Golgiho systém, 5 – lyzozomy a transportní váčky s upravenými látkami

Přehled buněčných struktur

Struktura	Buňka		
	prokaryotní	eukaryotní	
		rostlinná	živočišná
Buněčná stěna	ano	ano	–
Plazmatická membrána	ano	ano	ano
Jádro	–	ano	ano
Chromozomy	jeden	více	více
Mitochondrie	–	ano	ano
Plastidy	–	často ano	–
ER	–	ano	ano
Ribozomy	ano	ano	ano
Golgiho systém	–	ano	ano
Vakuoly	–	ano	ano
Lyzozomy	–	často chybí	ano
Cytoskelet	–	ano	ano
Centrioly	–	většinou chybí	ano

Anatomie (C_3) listu rostlin mírného pásma
(např. hrachu)

Chloroplasty jsou obsaženy v buňkách palisádového parenchymu *(mezofylu)* pod svrchní pokožkou. Buňky vodivých svazků chloroplasty neobsahují. U těchto rostlin se při poklesu obsahu oxidu uhličitého *(pod 0,033 %)* zmenšuje intenzita fotosyntézy, a při poklesu koncentrace pod 0,005 % se zastaví.



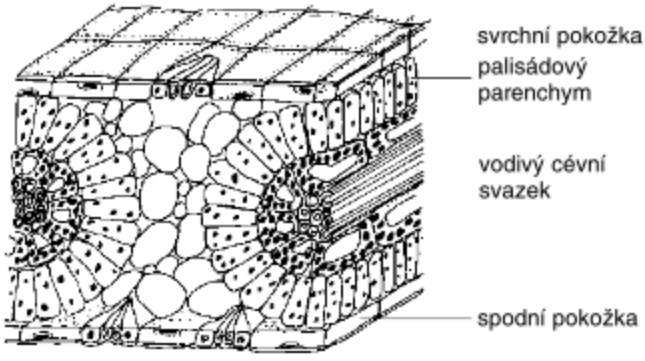
Anatomie C_3 listu

Intenzita fotosyntézy se u těchto rostlin také zmenšuje, zvyšuje-li se koncentrace kyslíku *(nad 21 %)* při stálé koncentraci CO_2.

Intenzita fotosyntézy se zmenšuje také při zvýšení teploty nad 30 °C, kdy dochází k uzavření průduchů.

Anatomie (C_4) listu rostlin tropů
(např. kukuřice)

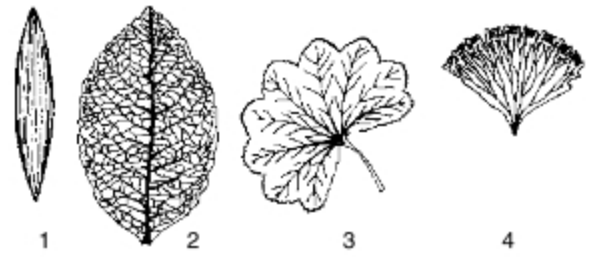
Palisádový parenchym *(mezofyl)* je prstencovitě uspořádán okolo cévních svazků. Buňky vodivých svazků obsahují chloroplasty. U těchto rostlin se intenzita fotosyntézy nemění při poklesu koncentrace CO_2 pod 0,033 %, ani při zvýšení koncentrace kyslíku nad 21 % a probíhá beze změny i při teplotě nad 30 °C.



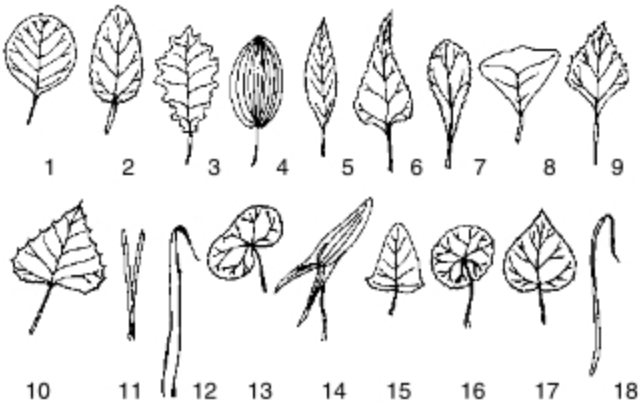
Anatomie C_4 listu

Listy

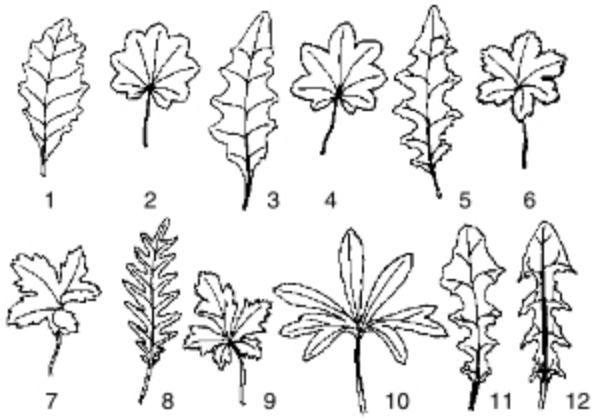
Okraje listů
1 – celokrajný, 2 – pilovitý, 3 – zubatý, 4 – vroubkovaný, 5 – laločnatý



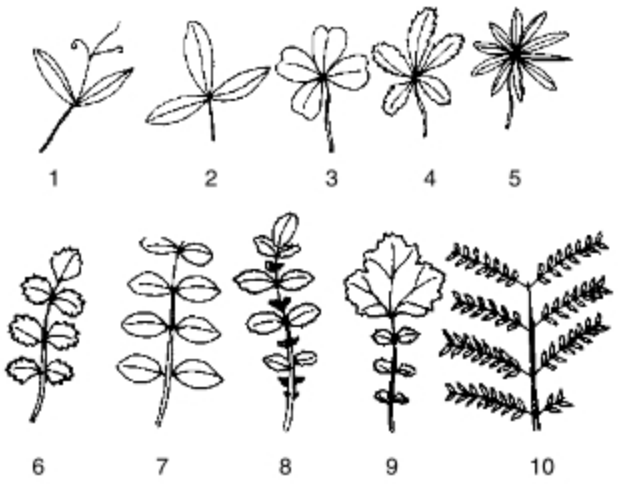
Žilnatina listů
1 – souběžná, 2 – zpeřená, 3 – dlanitá, 4 – větevnatá



Tvary celistvých listů
1 – okrouhlý, 2 – vejčitý, 3 – obvejčitý, 4 – eliptický, 5 – podlouhlý, 6 – široce kopinatý, 7 – kopinatý, 8 – klínovitý, 9 – kosníkovitý, 10 – trojboký, 11 – čárkovitý, 12 – čárkovitě kopinatý, 13 – ledvinitý, 14 – střelovitý, 15 – hrálovitý, 16 – okrouhlý, 17 – srdčitý, 18 – šídlovitý



Tvary listového okraje
1 – peřenolaločnatý, 2 – dlanitolaločnatý, 3 – peřenoklaný, 4 – dlanitoklaný, 5 – peřenodílný, 6 – dlanitodílný, 7 – znožený, 8 – peřenosečný, 9 – dlanitosečný, 10 – znoženosečný, 11 – lyrovitý, 12 – kracovitý



Tvary listů složených
1 – sudozpeřený s jedním jařmem, ukončený rozvětvenou úponkou, 2 – trojčetný, 3 – dlanitě čtyřčetný, 4 – dlanitě pětičetný, 5 – dlanitě mnohočetný, 6 – lichozpeřený, 7 – sudozpeřený, 8 – přetrhovaně lichozpeřený, 9 – lyrovitě zpeřený, 10 – dvakrát sudozpeřený

Květní vzorec

Vyjadřuje pomocí mezinárodních značek *(symbolů)* pohlavnost, souměrnost, počet a uspořádání květních orgánů.

- ♂ samčí
- ♀ samičí
- ☿ oboupohlavný
- ✳ pravidelný *(květ lze rozdělit několika rovinami souměrnosti na shodné poloviny)*
- ↓ souměrný *(květ můžeme rozdělit jednou rovinou souměrnosti na shodné poloviny)*
- ⤫ bisymetrický *(květ má dvě roviny souměrnosti)*
- ⅄ asymetrický *(květ nemá žádnou rovinu souměrnosti)*
- @ acyklický *(květní části vyrůstají ve spirále)*
- **K** kalich *(calyx)*
- **C** koruna *(corolla)*
- **P** okvětí *(perigonium)*
- **A** soubor tyčinek *(androeceum)*
- **G** soubor plodolistů *(gynoeceum)*
- () srostlé části
- ∞ velký počet

Příklady květních vzorců:

Brukev zelná: ☿ ✳ K 2 + 2 C4 A2 + 4 G(**2**)

květ oboupohlavný, pravidelný, kalich volný ve dvou kruzích po dvou lístcích, koruna volná ze čtyř lístků v jednom kruhu, tyčinky volné ve dvou kruzích po dvou a po čtyřech, semeník svrchní, srostlý ze dvou plodolistů.

Hrách setý: ☿ ↓ K(5) C5 A(9) + 1 G(**1**)

květ oboupohlavný, souměrný, kalich srostlý z pěti lístků, koruna volná z pěti lístků v jednom kruhu, tyčinky dvoubratré – 9 tyčinek srůstá a desátá je volná, semeník svrchní, vznikl srůstem jednoho plodolistu.

Tulipán: ☿ ✳ P 3+3 A 3+3 G(**3**)

květ oboupohlavný, pravidelný, okvětí je tvořeno šesti volnými lístky po třech ve dvou kruzích, šest volných tyčinek po třech ve dvou kruzích, semeník svrchní, vzniklý srůstem tří plodolistů.

Kopřiva dvoudomá: ♂ ✳ P 2 + 2 A 2 + 2
♀ ✳ P 2 + 2 G(**1**)

samčí květ je pravidelný, okvětí ze čtyř volných lístků po dvou ve dvou kruzích, čtyři volné tyčinky po dvou ve dvou kruzích,

samičí květ je pravidelný, okvětí ze čtyř volných lístků po dvou ve dvou kruzích, svrchní semeník, vzniklý srůstem jednoho plodolistu.

Květní diagram

Popisuje graficky květ rostliny.

Listeny a také listence *(b – bractea)* se kreslí prázdnými obloučky s hrotem.

Okvětní lístky *(P – perigonium)* se kreslí rovněž prázdnou konturou.

Korunní lístky *(C – corolla)* se kreslí plnými obloučky.

Kališní lístky *(K – calyx)* se kreslí šrafovanými obloučky.

Tyčinky se naznačují průřezem prašníku.

Pestík je příčným řezem semeníku s vajíčky na placentách a poloha blizny se kreslí na plodolistech:

a) u spodního semeníku je semeníková dutina vyčerněna;

b) u polospodního šrafovaná;

c) u svrchního je prázdná.

Srostlé květní části se spojují obloučky.

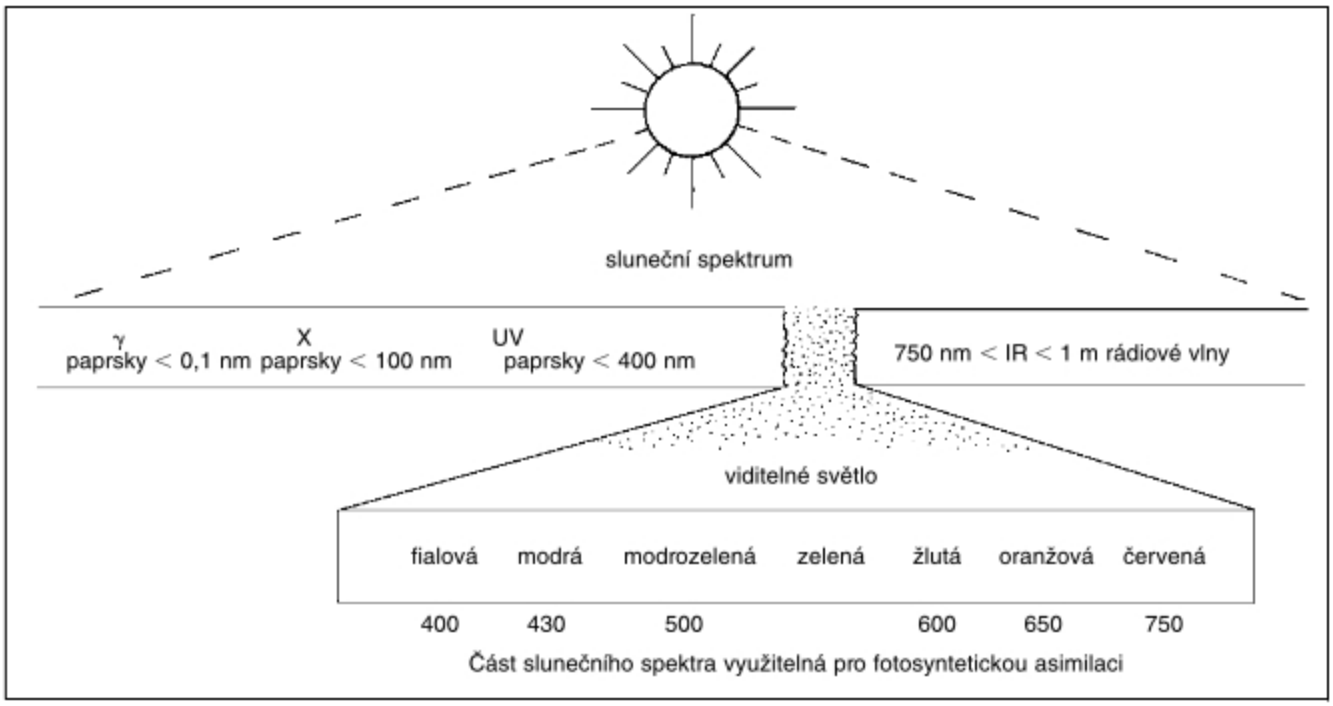
Bez černý
☿ ✳ K(5) C(5) A5 G(3)

Hrách setý
☿ ↓ K(5) C5 A(9) + 1G(1)

Pupalka dvouletá
☿ ✳ K4 C4 A4 + 4G(4)

Fenykl obecný
☿ ✳ K5 C5 A5 G(2)

Fotosyntéza



Část slunečního spektra využitelná pro fotosyntetickou asimilaci

Molekuly asimilačních barviv *(chlorofyly, karotenoidy, xantofyly)* tvoří systémy. Z mnoha molekul určitého systému může pohltit *(absorbovat)* dopadající foton jedině molekula chlorofylu a. Pohlcením fotonu se chlorofyl dostane do excitovaného stavu. Jeden z jeho elektronů se uvolní z jeho molekuly, je zachycen molekulou **přenašeče** *(ten se redukuje)*, předá elektron dalšímu přenašeči *(tím se oxiduje, zatímco tento následující přenašeč se redukuje)*. Přenos elektronů se tedy uskutečňuje **řadou přenašečů – řadou redoxních reakcí**, přičemž se uvolňuje energie, která se skladuje do chemických vazeb molekul ATP. Fotosyntéza probíhá ve dvou fázích: světlé a tmavé. **Světlá fáze fotosyntézy** zahrnuje:

fotolýzu vody;
fotofosforylaci: – cyklickou;
– necyklickou.

Fotolýza vody

Voda je autoprotolýzou disociována:

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

Ve **fotosystému II** je chlorofyl dopadajícími fotony excitován a je tak stálým oxidačním činidlem odejímajícím elektrony hydroxidovým aniontům, a tím se uvolní kyslík.

$$2\ OH^- - 2\ e^- \rightarrow H_2O + {}^1/_2\ O_2$$

Při **cyklické fotofosforylaci** dopadající světlo *(2 fotony)* excituje 2 molekuly chlorofylu **fotosystému I**, a ty odevzdají dva energeticky bohaté elektrony **ferredoxinu**, od něhož jsou přeneseny cytochromem b_6 na přenašeč cytochrom f a jím zpět na chlorofyl fotosystému I. Energie uvolněná při tomto přenosu je využita na tvorbu molekul ATP.

Při **necyklické fotofosforylaci** jsou oba elektrony předány ferredoxinu a od něj koenzymu $NADP^+$, který se tím redukuje a váže protony uvolněné při fotolýze vody. Mění se tak na redukovanou formu $NADPH + H^+$. Elektrony předané koenzymu jsou doplněny o elektrony vznikající při fotolýze vody.

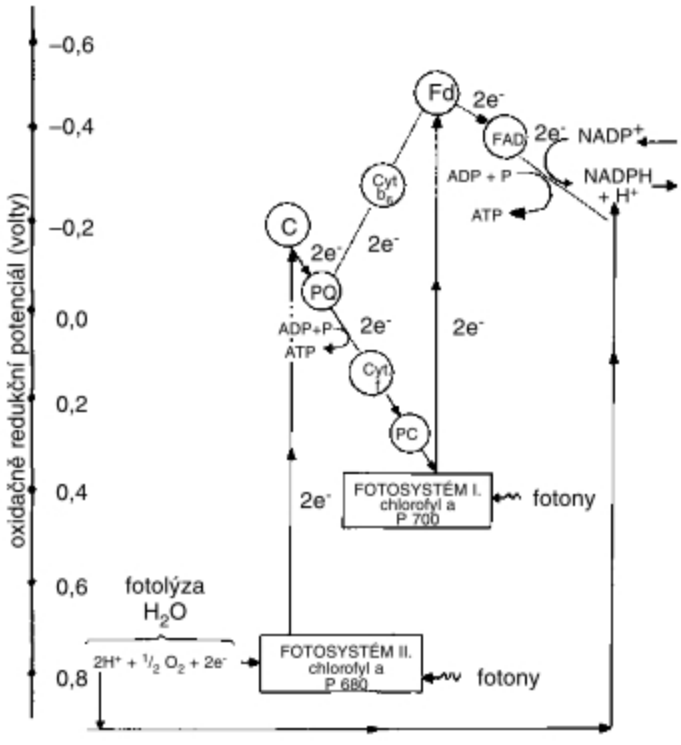


Schéma cyklické a necyklické fotofosforylace

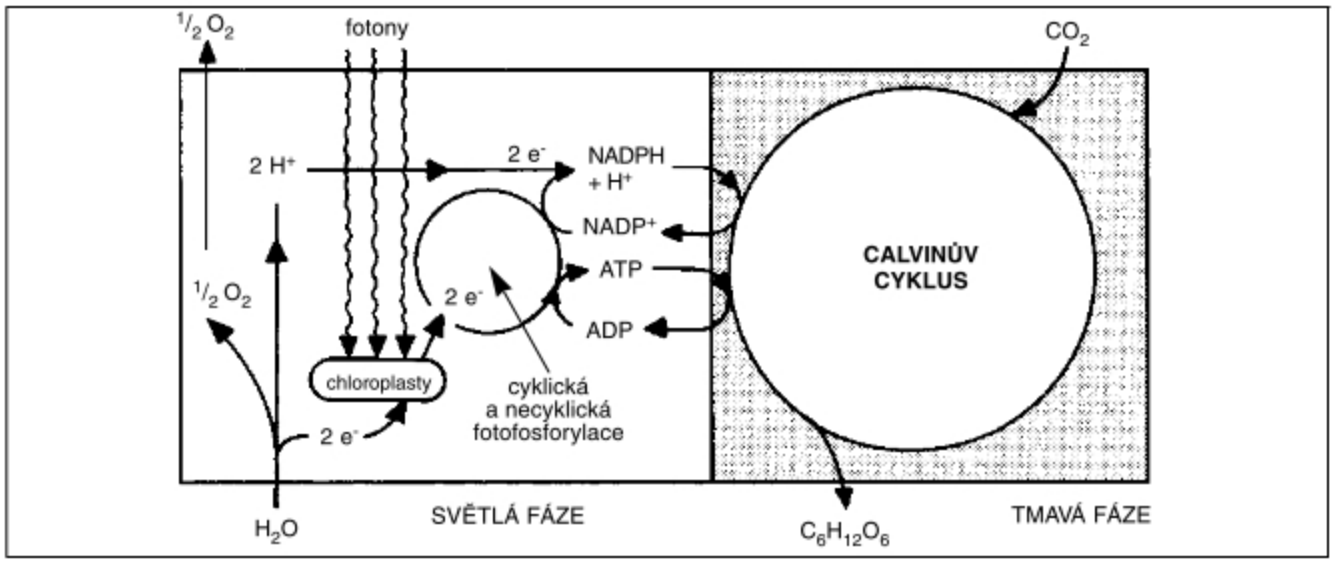
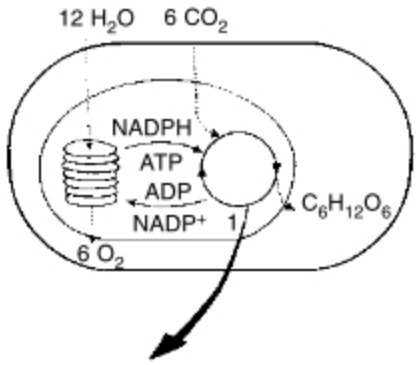


Schéma fotosyntézy

Calvinův cyklus

Zatímco světlá fáze fotosyntézy probíhá v tylakoidech chloroplastů, Calvinův cyklus se uskutečňuje ve stromatu chloroplastů.



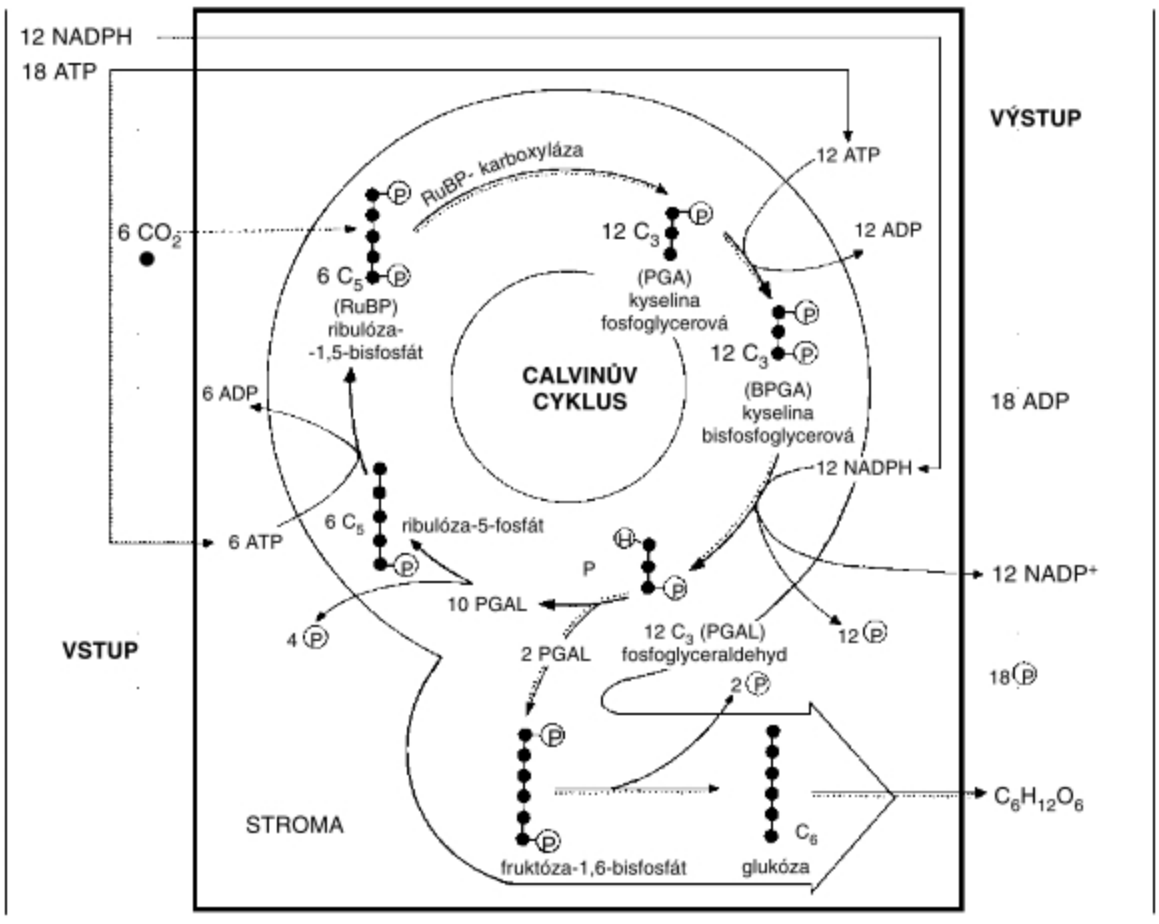


Schéma Calvinova cyklu

Do cyklu vstupují: oxid uhličitý, redukovaná forma koenzymu NADPH a molekuly ATP. Redukcí oxidu uhličitého vzniká glukóza. Kromě ní z cyklu vystupují molekuly ADP a oxidovaná forma koenzymu $NADP^+$.

Celková bilance:

$$6\ CO_2 + 18\ ATP + 12\ NADPH \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 18\ ADP + 18\ P + 12\ NADP^+$$

U C_3 rostlin se v horkém a suchém počasí uzavírají průduchy. Uzavřenými průduchy nemůže do pletiv listů difundovat CO_2 a v pletivech vzrůstá koncentrace O_2. Molekuly kyslíku „soutěží" s molekulami oxidu uhličitého o vazebné místo na enzymu RuBP – karboxyláze. [*Protože tento enzym váže jak molekuly CO_2, tak i molekuly O_2, byl jeho název změněn na* RuBP – karboxyláza/oxygenáza (RUBISCO)]. Vedle kyseliny fosfoglycerové (PGA) vzniká také kyselina fosfoglykolová $POCH_2COOH$, která je v peroxizomech enzymaticky rozložena zpět na oxid uhličitý. Výsledkem je menší výtěžek glukózy. Tento výše popsaný děj se označuje jako **fotorespirace**. Při vysoké koncentraci O_2 může převládnout nad fotosyntézou.

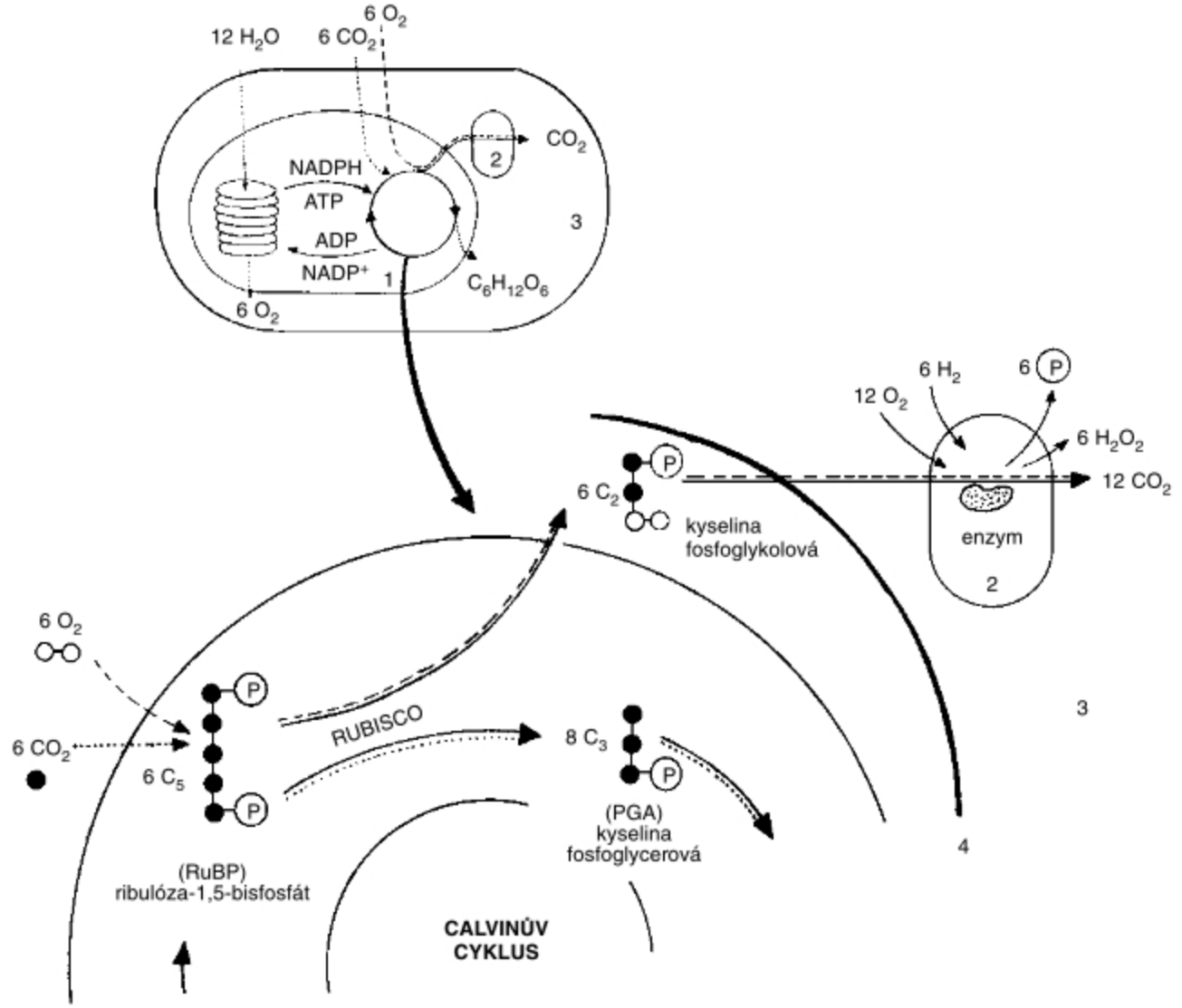


Schéma průběhu Calvinova cyklu při zvýšené koncentraci O_2 *(fotorespirace)*
1 – chloroplast, 2 – peroxizom, 3 – cytoplazma, 4 – biomembrána chloroplastu

U **C_4 rostlin** světlá fáze fotosyntézy probíhá v buňkách tvořících pochvu okolo vodivých svazků cévních (B). Buňky palisádového parenchymu (A), které je koncentricky obklopují do nich „pumpují“ oxid uhličitý. Schéma je následující:

V cytoplazmě těchto buněk je přítomný enzym fosfoenolpyruvát – karboxyláza *(PEP-karboxyláza)*, který v buňkách C_3 rostlin chybí. Tento enzym katalyzuje připojení CO_2 k fosfoenolpyruvátu *(PEP)* a k jeho přeměně na čtyřuhlíkatou kyselinu oxaloctovou *(oxalacetát)*, která je redukována na kyselinu jablečnou *(malát)* difundující do buněk pochvy. V nich je rozštěpena na kyselinu pyrohroznovou *(pyruvát)* a CO_2, který je začleněn do Calvinova cyklu. Kyselina pyrohroznová difunduje zpět do buněk palisádového parenchymu, v nichž může opět navázat molekulu oxidu uhličitého. C_4 rostliny tedy ve svých buňkách koncentrují CO_2 natolik, že téměř úplně potlačí fotorespiraci.

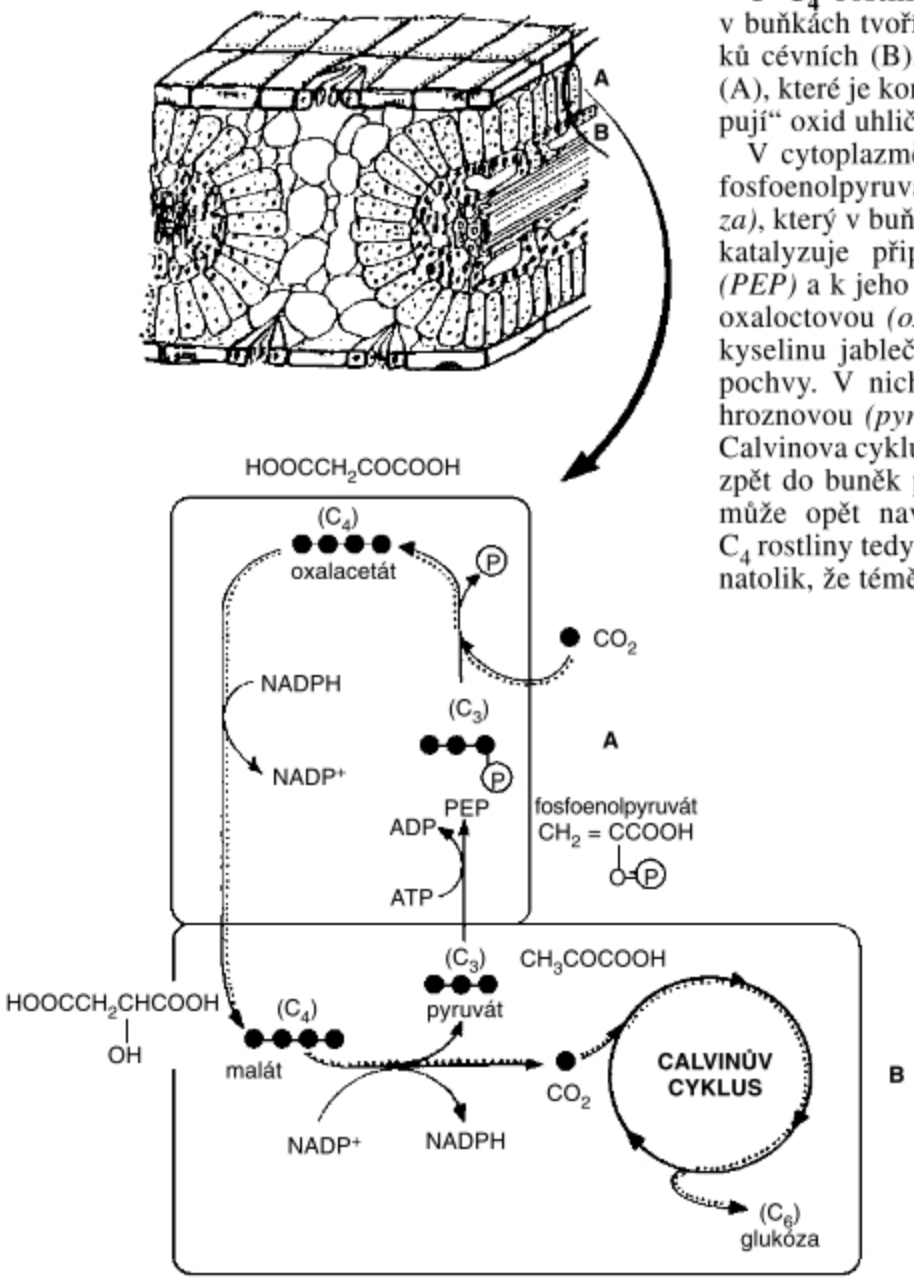


Schéma vazby CO_2 v buňce palisádového parenchymu a jeho přenos do buňky pochvy okolo vodivého svazku a v ní do Calvinova cyklu

Shrnutí:

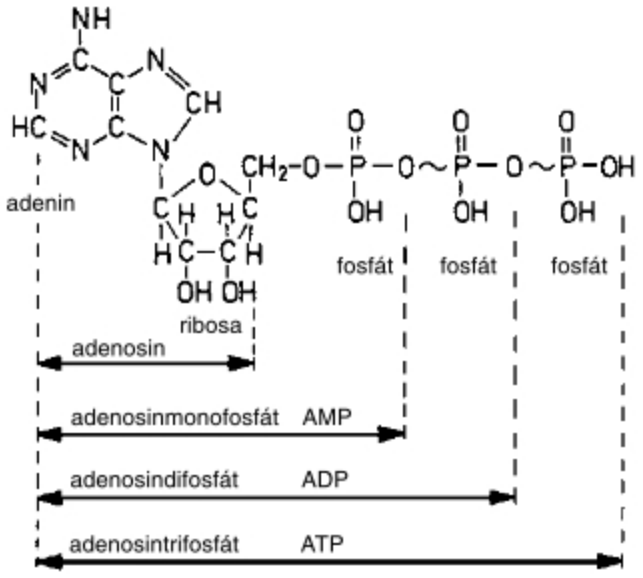
U rostlin C_3 za horkého slunečného dne dochází k uzavření průduchů. Fotosyntéza může snížit v pletivech listu obsah CO_2 a zvýšit obsah O_2 v okolí chloroplastů natolik, že se rychlost fotorespirace přiblíží rychlosti fotosyntézy. U C_4 rostlin se intenzita fotosyntézy nemění snížením koncentrace CO_2, zvýšením koncentrace O_2 ani zvýšením teploty nad 30 °C. C_4 rostliny mají metabolický cyklus, který koncentruje CO_2 v jejich buňkách natolik, že téměř úplně potlačí fotorespiraci. V sušších a horkých oblastech rostou rychleji a poskytují vyšší výnosy.

Rostliny CAM

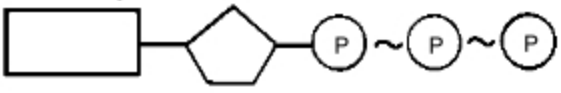
Mnohé pouštní tučnolisté rostliny *(Crassulaceae)* jsou vybaveny obměnou C_4 cyklu, aby mohly oddělit hromadění CO_2 od jeho zpracování Calvinovým cyklem. Kdyby totiž otvíraly své průduchy ve dne jako ostatní rostliny, ztratily by mnoho vody. Aby tuto ztrátu omezily na co nejmenší míru, pohlcují tyto rostliny CO_2 jen v noci. CO_2 uskladňují postupem označovaným CAM *(Crassulacean Acid Metabolismus)*. Vážou jej na kyselinu pyrohroznovou *(vznikající rozkladem škrobu)* za vzniku kyseliny jablečné. Ta je během dne rozkládána na CO_2 *(který je redukován C_3 fotosyntézou na glukózu)* a na kyselinu pyrohroznovou, z níž se opět syntetizuje škrob.

Závěr: CAM se vyvinula nezávisle na C_4 fotosyntéze. Uvedené příklady typů fotosyntézy jsou pěkným dokladem, jak přírodní výběr vedl k řešení téhož problému různými způsoby.

Kyseliny adenosinfosforečné a přenos energie v buňce



schematicky:



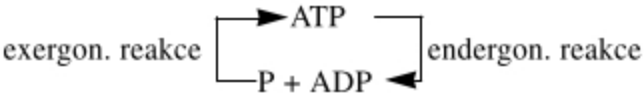
Kyselina adenosinfosforečná *(adenosintrifosfát)* ATP je nejdůležitější sloučeninou, která může skladovat energii získanou přenosem elektronů při fotosyntéze nebo energii získanou při katabolických reakcích *(glykolýze, dýchání)*.

$$ADP + P + energie \rightarrow ATP + H_2O$$

Molekula ATP může přenést fosfátový konec na jinou molekulu. S fosfátem se na tuto molekulu přenese také část energie, která byla potřebná k vytvoření molekuly ATP. Molekula, která od ATP přijala fosfát, zvýší svoji energii, je „aktivovaná" a může nyní snadno reagovat s jinými molekulami obsaženými v buňce, s nimiž v neaktivovaném stavu reagovat nemohla. Např.:

glukóza + ATP → glukóza-6-fosfát + ADP

Molekuly ATP jsou univerzálními prostředníky mezi reakcemi, které energii poskytují *(exergonické reakce)*, a reakcemi, které energii spotřebovávají *(endergonické reakce)*. ATP je energeticky bohatá *(makroergická)* sloučenina.



Životní cyklus paličkovice nachové *(Claviceps purpurea)*

Cizopasí v semenících žita a jiných trav. Jarní infekci způsobují **askospóry**, které se zachycují na bliznách, kde vyklíčí v hyfy, pronikající do semeníků. Mycelium vyplní celý semeník a tvoří se na něm konidie, plovoucí v medovici. Na ni je přilákán hmyz, který tak přispívá k rozšiřování houby během sezóny. Napadené semeníky se přeměňují na fialově černý **námel** ***(tvrdohoubí, sklerocium)***. Při sklizni námel vypadne na zem a přezimuje. Na jaře z něho vyrůstá několik stopkatých, kulatých, nachových **plodnic** ***(stromat)***. V nich se tvoří těsně pod povrchem dutinky, do kterých pronikají hyfy rozlišené jako **askogon** a **anteridium**. Další vývoj není přesně znám. Během vývoje vřecek se však vytvoří **perithecia**, zřetelně oddělená buňkami tvořícími stěnu perithecia od ostatního pletiva stromatu. Perithecia jsou vyplněna vřecky *(ascus)* s niťovitými výtrusy *(askosporami)*.

Životní cyklus rzi travní *(Puccinia graminis)*

Rez se projevuje od června na listech, pochvách a stéblech obilnin rezavými skvrnami – **prášivá letní ložiska** *(uredia)*. Z nich se uvolňují letní výtrusy *(urediospory)*, infikující další rostliny. Ložiska postupně černají tvorbou **zimních výtrusů** *(teliospor)*. Teliospory přezimují, na jaře projdou meiózou a vyklíčí ve čtyřbuněčné basidie, nesoucí jednojaderné fyziologicky rozlišené **basidiospóry** (+) a (–). Ty jsou vzduchem zaneseny na listy dříšťálu, kde vyklíčí v jednojaderná, fyziologicky rozlišená podhoubí, která na svrchní straně listů prorážejí pokožku jako kulovitě lahvicovité plodničky *(spermogonie)*, produkující uvnitř na konidioforech velká množství výtrusů *(spermacií)*, které jsou se sladkou tekutinou *(nektarem)* vytlačovány do ústí spermogonií. Deštěm nebo na těle hmyzu se spermácie (+) dostávají na přijímací hyfy spermogonií (–). Jejich jádro projde do přijímací hyfy a postupně se posouvá do jednojaderného mycelia pod spermogoniemi. V některých jeho buňkách pohyb končí, vznikající dvoujaderné buňky, které jsou základem **ložisek jarních výtrusů** ***(aecií)***, které prorážejí pokožku na spodní straně listů a produkují obrovské množství jarních dvoujaderných výtrusů *(aeciospor)*. Ty infikují obilniny, kde na listech a pochvách vyklíčí v **prášivá ložiska letních výtrusů** *(uredií)*.

Vidíme, že rez travní během svého životního cyklu vytváří pět typů různých výtrusů.

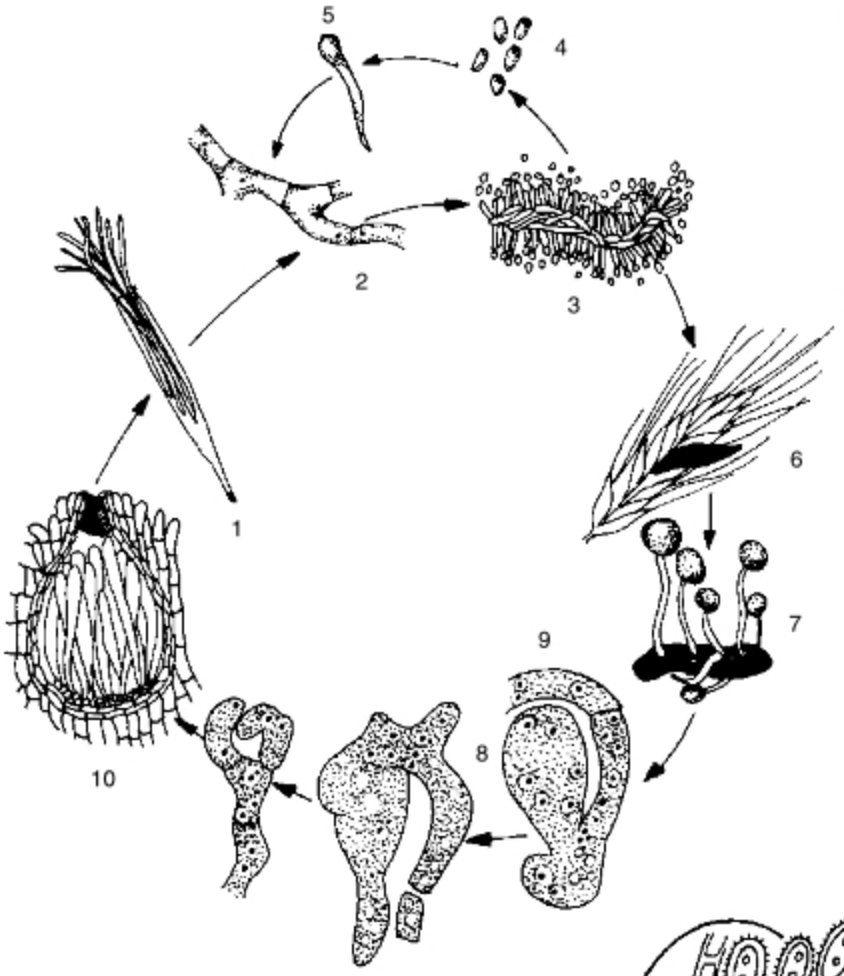
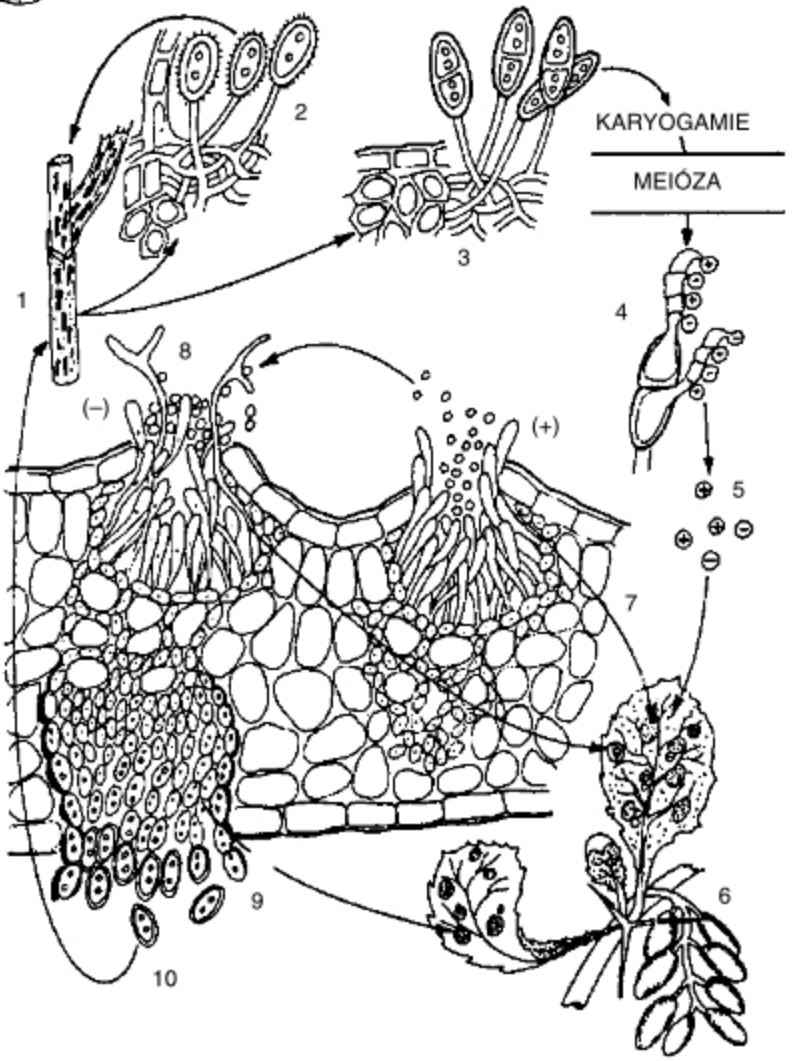


Schéma životního cyklu paličkovice nachové
1 – otevřené vřecko s nitovitými výtrusy *(askosporami),*
2 – hyfa,
3 – mycelium s konidiofory,
4 – konidie,
5 – klíčící konidie,
6 – námel,
7 – námel se stromaty,
8 – askogonium,
9 – anteridium,
10 – perithecium



Životní cyklus rzi travní
(Puccinia graminis)
1 – ložiska letních výtrusů,
2 – urediospory,
3 – teliospory,
4 – basidie s basidiospórami (5),
6 – napadené listy dřišťálu,
7 – spermogonie (+) a (–) na svrchní straně listů,
8 – přijímací hyfa,
9 – ložisko jarních výtrusů *(aecium)* s uvolňovanými aecisporami (10)

Říše: **CHROMISTA**

Říše: **PRVOCI**

Říše: **ŽIVOČICHOVÉ**

ETOLOGIE ŽIVOČICHŮ

ŽIVOČICHOVÉ A PROSTŘEDÍ

Říše: **CHROMISTA** *(Chromista)*

Různorodá skupina zahrnující bičíkovce, jednobuněčné i mnohobuněčné organismy. Rozmanité jsou také způsoby jejich výživy. Některé jsou saprofytní *(přijímají organické látky z těl odumřelých organismů)*, jiné parazité, některé fotoautotrofní *(mají chloroplasty)*. Druhy s chloroplasty získaly tyto organely druhotnou *(sekundární)* endosymbiózou. při které se vnitřním symbiontem stala eukaryotická buňka s chloroplastem. Takto druhotně získané chloroplasty někdy obsahují **nukleomorf** *(pozůstatek jádra původního endosymbiotického organismu)*. Jejich chloroplasty jsou obaleny navíc membránou endoplazmatického retikula spojeného s vnější jadernou biomembránou.

Druhy s chloroplasty získaly tyto organely cca před 260 miliony let *(viz diagram str. 345)*. Druhy bez chloroplastů, patřící mezi chromista jsou pravděpodobně vývojově mladší a odvozují se od původně fotoautotrofních předků ztrátou plastidů.

Do říše chromist patří například:
kmen *(oddělení)*: **Chromofyta** *(Chromophyta)*
kmen *(oddělení)*: **Oomycety** *(Oomycota)*

Kmen *(oddělení)*: **Chromofyta** *(Chromophyta)*

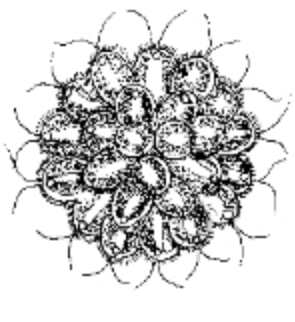
Třída: **Zlativky** *(Chrysophyceae)*
Třída: **Rozsivky** *(Bacillariophyceae)*
Třída: **Hnědé řasy** *(Phaeophyceae)*

Jejich společným znakem je často hnědá barva chromatoforů. Fotosyntetická barviva tvoří chlorofyly **a**, **c**, ß-karoten, hnědý fukoxantin a jiné xantofyly. Zásobními látkami jsou polysacharidy chrysolaminaran a laminaran *(nikoliv škrob)*, někdy i olej.

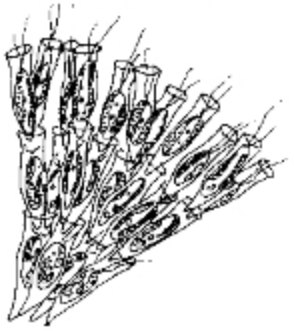
Třída: **ZLATIVKY**

Tvoří nejčastěji jednobuněčnou bičíkatou stélku, vzácně též vláknitou. U některých druhů se vytvářejí panožky, které jim umožňují pohlcování *(fagocytózu)*, např. bakterií. *(Mohou se tedy vyživovat i heterotrofně – tj. přijímat organickou potravu)*. Některé druhy mají zkřemenělou buněčnou stěnu nebo vytvářejí okolo sebe schránku. V přírodě jsou nejčastěji zastoupené zlativky s monádoidní stélkou ***(chrysomonády)***. Žijí hlavně ve sladkých, čistých vodách, jsou součástí jarního planktonu. Při přemnožení mohou vyvolávat žlutohnědé zbarvení vody. Úkaz je znám z vodárenských nádrží. Není vítán, protože zlativky zhoršují chuť vody, která potom zapáchá po rybím tuku.

Rod **Synura** vytváří kulovité kolonie, rod **Dinobryon** keřovitě větvené kolonie.



Synura uvella



Dinobryon sertularia

Třída: **ROZSIVKY**

Jsou jednobuněčné, drobné řasy. Okolo těla vytvářejí křemičitou schránku, složenou ze dvou částí *(misek, jež připomínají dno a víko krabičky)*. Uvnitř schránky je uzavřena buňka. Schránka během života neroste. Rozmnožují se nepohlavně dělením. Při dělení se protoplast rozdělí na dvě stejné poloviny. Na nově vzniklých dceřiných buňkách se vytvoří jedna nová miska, vždy ta menší, takže u části nově vzniklých jedinců dochází ke zmenšování schránek i buněk.

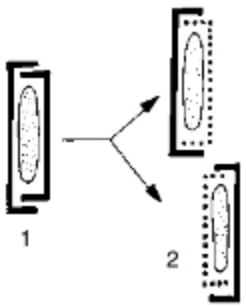
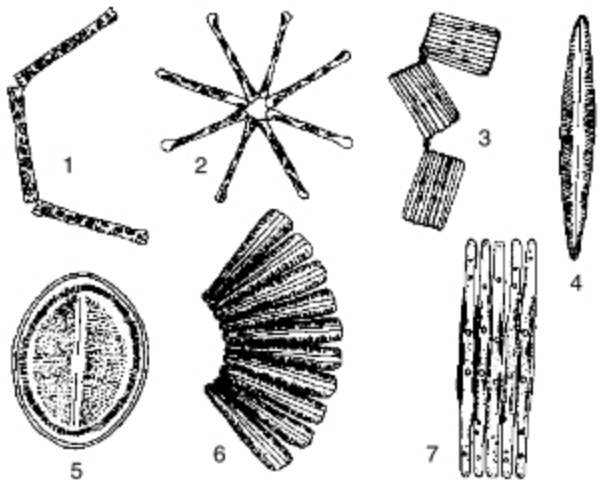


Schéma dělení rozsivek
1 – mateřská buňka,
2 – menší z dceřiných buněk

Zmenšování buněčných rozměrů má své meze a zastaví se, když buňky dosáhnou pohlavní zralosti. Po pohlavním rozmnožování obnoví buňky svou původní velikost. Rozsivky se vyznačují značnou produkcí biomasy ve sladkých i slaných vodách. Ve sladkých vodách mírného pásu jsou složkou jarního a podzimního planktonu. Ve vodárnách jsou na obtíž, protože při přemnožení způsobují nepříjemný zápach vody.

Ze schránek druhohorních a třetihorních rozsivek vznikly vrstvy křemeliny *(Frant. Lázně, Borovany)*, která se používá na výrobu skla, filtrů, izolačních materiálů, dynamitu, leštění čoček v optice apod.

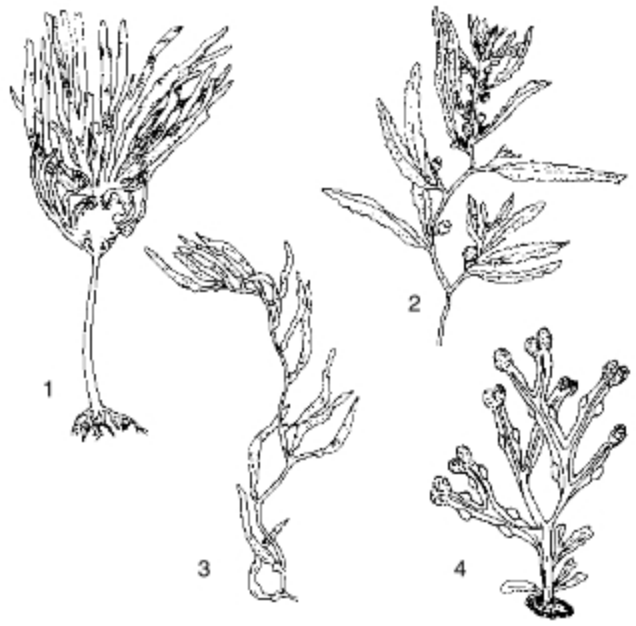


Rozsivky
1 – Diatoma elongatum, 2 – Asterionella formosa, 3 – Tabellaria flocculosa, 4 – Navicula radiosa, 5 – Cocconeis placentula, 6 – Meridion circulare, 7 – Fragilaria crotonensis

Třída: **HNĚDÉ ŘASY**

Zahrnuje mořské řasy s mnohobuněčnými, vláknitě rozvětvenými nebo pletivnými stélkami, dosahujícími velikosti až několika metrů. Ve stélkách chaluh se hromadí jod. Rozmnožují se vegetativně *(rozpadem stélek)*, nepohlavně zoosporami a pohlavně. Pro většinu druhů je charakteristická rodozměna. Nejvíce jsou rozšířené při pobřežích. Produkují obrovské množství biomasy a jsou využívány hospodářsky. Suché jako palivo, někde je spásají ovce, používají se k výrobě kompostů, z popela se získává jod a potaš *(uhličitan draselný)*.

Mezi významné zástupce patří rod **Laminaria**, jehož stélky dosahují obrovských rozměrů a vytvářejí rozsáhlé porosty v pobřežních vodách severních moří. Rod **Sargassum** je rozšířen v karibské oblasti *(Sargasové moře)*. Za největší chaluhu je považován druh **Macrocystis pyrifera** *(až 60 m)*, vyskytující se při pobřežích jižní polokoule.

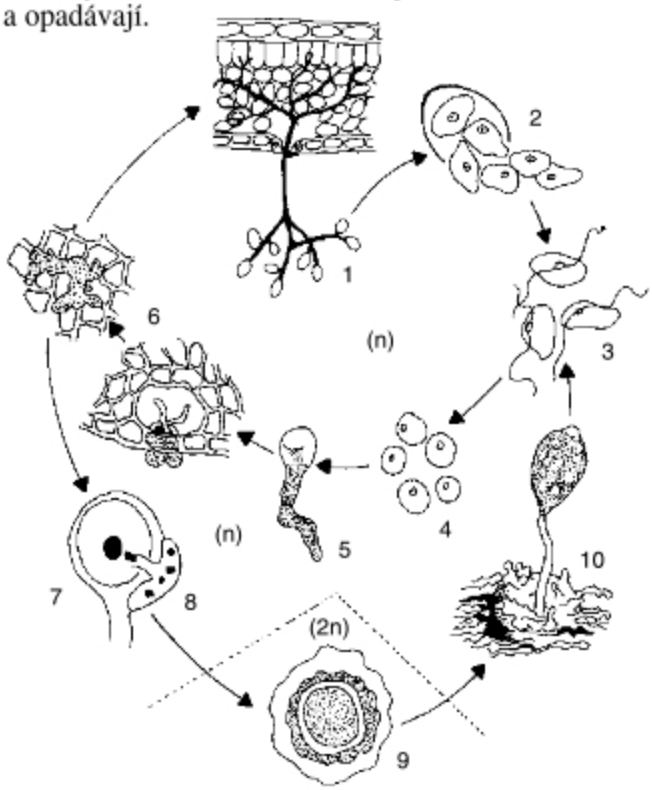


Chaluhy
1 – Laminaria, 2 – Sargassum, 3 – Macrocystis, 4 – Fucus

Kmen *(oddělení)*: **Oomycety** ***(řasovky)*** *(Oomycota)*

Žijí ve vodě, vlhké půdě i jako parazité rostlin. Buněčné stěny jsou z celulózy a glukanu. Pohyblivé zoospory jsou opatřeny dvěma nestejně dlouhými bičíky vpředu, kratší bičík je péřitý. Mezi vážné parazity patří **vřetenatka révová** *(Plasmopara viticola)*. Její podhoubí žije v mezibuněčných prostorách listů vinné révy a do buněk vysílá krátké přísavky *(haustoria)*. Z listových průduchů vyčnívají ven kolmá houbová vlákna, na jejichž postranních větvích se tvoří výtrusnice *(zoosporangia)*. Za suchého a větrného počasí se výtrusnice odlamují a jsou roznášeny větrem. V kapce vody se plazmatický obsah rozdělí v několik rejdivých výtrusů *(zoospor)*, které později zatáhnou bičíky a vyklíčí ve vlákno, pronikající průduchy, nebo pokožkovými buňkami do listů. Pohlavní rozmnožování je oogamické a děje se uvnitř hostitele. **Oogonium** je zprvu mnohojaderné, později se většina jader shromáždí na obvodu a ve středu plazmy zůstává jediné oplozeníschopné **vaječné jádro**. Mnohojaderná anteridia se přikládají k oogoniím a vrůstají do nich plazmatickou láčkou, která k vaječnému jádru přinese jediné samčí jádro. Obě jádra splynou v zygotu, která se přemění na **vaječný výtrus** ***(oosporu)***. Během zimy a na jaře pletivo listů postupně zetlí a tlustostěnné oospory jsou obnaženy. Při dešti jsou kapkami vody vymršťovány ze země a dostávají se na listy révy. Klíčí kratším vláknem, na jehož konci se tvoří sporangium se zoosporami.

Choroba se pozná podle hnědavých skvrn na svrchní straně listů, zatímco rub listů je potažen bílým moučným povlakem. Vřetenatka napadá také mladé větévky a bobule, které se scvrkají, kožovitě hnědnou a opadávají.



Životní cyklus vřetenatky révové
1 – sporangiofory nesoucí sporangia, 2 – sporangium uvolňující spory, 3 – zoospory, 4 – spory zbavené bičíků, 5 – klíčící spora, 6 – infekce pletiv v listu, 7 – oogonium s vaječným jádrem, 8 – anteridium s plazmatickou láčkou, 9 – diploidní vaječný výtrus *(oospora)*, 10 – vlákno se zoosporangiem

Obdobný životní cyklus má **plíseň bramborová** *(Phytophthora infestans)*, zavlečená do Evropy okolo r. 1830 z Ameriky. Pro její šíření je příznivé vlhké a horké léto. Na napadených listech se v červnu objeví na svrchní straně tmavé skvrny, na rubu listů bělavé povlaky. Plíseň postihuje i hlízy, které se mění v hnědé, suché, kožovité mumie *(„suchá hniloba“)*. Často nemocné hlízy obsahují mazlavou zapáchající hmotu. Tuto „mokrou hnilobu“ působí bakterie, jimž plíseň umožňuje vstup do hlíz. Plíseň bramborová přezimuje v podobě vláken v očkách hlíz.

Říše: **PRVOCI** *(Protozoa)*

Prvoci jsou heterotrofní, eukaryotické organismy s **jednobuněčným tělem**. Obsahují kolem 90 % vody. Řada druhů prvoků je rozšířena **kosmopolitně** *(po celém světě)*. Vyhovuje jim teplota 15–20 °C. Foto-syntetizující bičíkovci jsou výchozím článkem ekologického potravního řetězce. Heterotrofní prvoci konzumují rozkládající se organické látky. Dírkonošci a mřížovci mají horninotvorný význam. Značný počet druhů prvoků žije paraziticky.

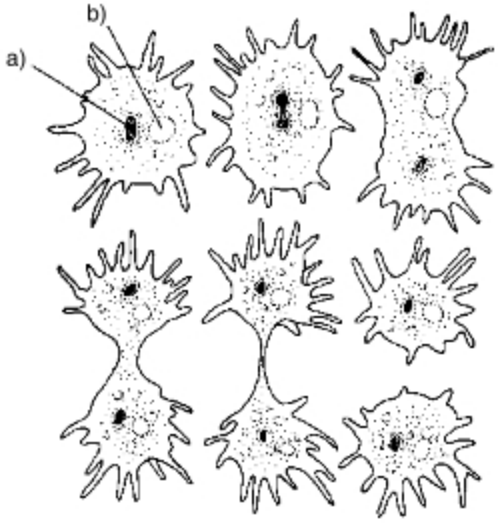
V současnosti známe asi 60 tisíc druhů prvoků. Většinou mají mikroskopické rozměry. Cytoplazma prvoků je zpravidla bezbarvá. Bývá rozlišena na vnější a homogenní **ektoplazmu** a vnitřní řidší **entoplazmu** se zrnitou strukturou obsahující membránové struktury typické pro eukaryotické organismy. Bičíkovci, nálevníci, krásnoočka a výtrusovci mají tělo ve zvláštní tužší blance **pelikule**. Životní pochody v těle prvoka *(např. pohyb, dráždivost, rozmnožování)* zajišťují specializované části buňky, zvané **organely** *(ústroječky)*.

Rozlišujeme:

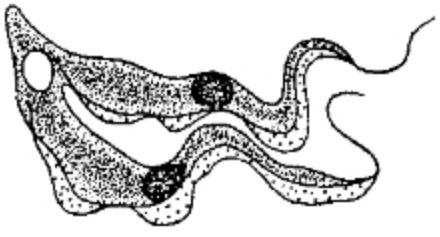
- **Organely opory a ochrany** – např. **pelikula** bičíkovců, **schránky** kořenonožců. Ochranným zařízením mnohých druhů prvoků jsou **cysty**, které prvoci vytvářejí za nepříznivých životních podmínek *(sucho, mráz, nedostatek potravy)*. Encystace umožňuje jejich přežití a rozšiřování.
- **Organely pohybové** – např. **panožky** kořenonožců, **bičíky** bičíkovců a **brvy** nálevníků.
- **Organely trávicí** – *Trávicí vakuolu, příp. buněčná ústa, buněčnou řiť*, vytvářejí všichni prvoci živící se heterotrofně organickými látkami.
- **Organely vylučovací a osmoregulační** – např. **pulzující vakuola**. U sladkovodních prvoků odstraňuje vodu, pronikající do těla prvoka z hypotonického sladkovodního prostředí. Uvnitř těla tak udržuje stálý osmotický tlak *(viz krásnoočko nebo trepka)*.
- **Organely smyslové** umožňují reakci prvoků na podněty přicházející z vnějšího prostředí. Krásnoočko má k vnímání světla uzpůsobený mimořádně citlivý okrsek cytoplazmy – **stigma**. **Neuromotorický aparát** trepky koordinuje pohyb brv.
- **Organely umožňující rozmnožování prvoků**

Pro rozmnožování všech organismů má význam dělení buněčného jádra – **mitóza** *(str. 23)*.

Pro prvoky je běžnější rozmnožování **nepohlavní**. Buňka mateřská se při něm dělí na dvě buňky dceřiné, které časem dorostou. Např. bičíkovci dělením **podélným**, nálevníci dělením **příčným**, rournatky **pučením**, výtrusovci **schizogonií** *(rozdělením mateřské buňky na větší počet buněk dceřiných)*. Střídá-li schizogonii rozmnožování pohlavní, vytvářejí se po splynutí **spory**. Nepohlavním rozpadem spor *(sporogonií)* vznikají infekční stadia, napadající nové hostitele. Dírkonošci a mřížovci střídají nepohlavní a pohlavní rozmnožování *(rodozměna – metageneze)*.



Nepohlavní rozmnožování měňavky dělením
a) jádro, b) pulzující vakuola



Podélné dělení trypanosomy

Pohlavní rozmnožování prvoků je méně obvyklé, je fylogeneticky mladší. Jeho klíčový význam spočívá ve **zvýšení životaschopnosti** nově vzniklých jedinců. **Po oplození prvoků dochází k dočasnému zastavení vývoje** *(zpravidla k encystaci)*.

Rozlišujeme dva typy pohlavního rozmnožování prvoků: **kopulaci** *(je známa u bičíkovců, kořenonožců a výtrusovců)* a **konjugaci**, typickou pro nálevníky. Při kopulaci splývají dva jedinci, představující pohlavní buňky.

Při **konjugaci** dochází pouze k částečné výměně hmoty mikronukleů *(str. 89)*.

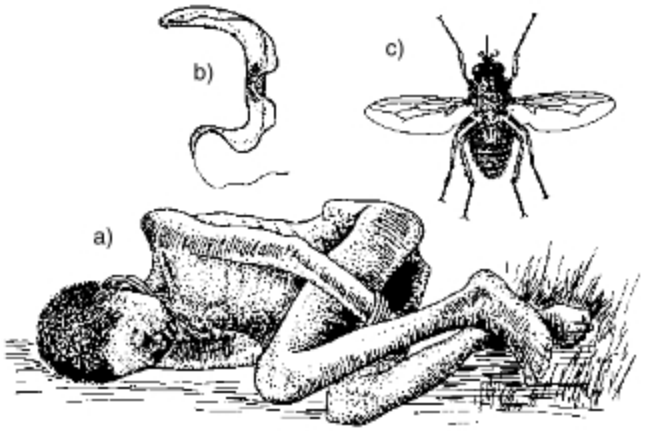
Do říše prvoků jsou zahrnovány kmeny:

kmen: **Bičíkovci** *(Mastigophora)*
kmen: **Kořenonožci** *(Rhizopoda)*
kmen: **Paprskovci** *(Actinopoda)*
kmen: **Výtrusovci** *(Sporozoa)*
kmen: **Hlenky** *(Mycetozoa)*
kmen: **Nádorovky** *(Plasmodiophorida)*
kmen: **Nálevníci** *(Ciliophora)*
kmen: **Krásnoočka** *(Euglenozoa)*
kmen: **Obrněnky** *(Dinozoa)*

Kmen: **Bičíkovci** *(Mastigophora)*

Zdrojem pohybu příslušníků tohoto kmene je zpravidla bičík. Základním tvarem těla bičíkovců je tvar vřetenovitý. Variabilitu umožňuje pružná **pelikula** (*šroubovitě vinuté bílkovinné proužky nacházející se pod plazmatickou membránou).*

Bičíkovci nikdy neobsahují chlorofyl a živí se heterotrofně buď vstřebáváním celým povrchem těla nebo fagocytózou. V tropech je rozšířen parazit **trypanosoma spavičná** *(Trypanosoma gambiense)*, způsobující spavou nemoc. Má štíhlé tělo s jediným bičíkem a ploutvičkovitou **undulující membránou**, která se při pohybu vlní. Trypanosoma parazituje v krevní plazmě, lymfě a mozkomíšním moku. Jejím přenašečem je moucha **tse-tse**. Trypanosoma způsobuje zduření uzlin a stále častěji se opakující horečky. Není-li spavá nemoc léčena, postižený během několika měsíců umírá naprostým vyčerpáním.

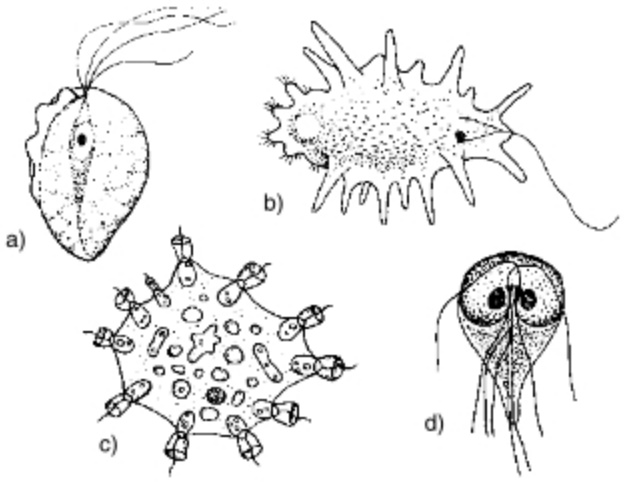


Člověk v poslední fázi spavé nemoci (a), původce spavé nemoci bičíkovec Trypanosoma gambiense (b) a jeho přenašeč moucha bodalka tse-tse (c).

V současné lidské populaci v důsledku promiskuity je velmi rozšířen prvok **bičenka poševní** *(Trichomonas vaginalis)*. Způsobuje nemoc **trichomoniázu**, která se projevuje úpornými záněty močových cest a hnisavým výtokem z pochvy. Šíří se pohlavním stykem. Přenašeči jsou muži, i když sami výše uvedenými příznaky netrpí.

Horečnaté záněty tenkého střeva způsobuje **lamblie střevní** *(Giardia intestinalis).*

Z volně žijících druhů jsou pozoruhodné kolonie **trubénky Haeckelovy** *(Protospongia haeckeli),* živící se organickými zbytky a bakteriemi u dna vodních nádrží. Její buňky se svým tvarem podobají entodermálním buňkám houbovců.



Živočišní bičíkovci
a) bičenka poševní, b) panoženka měňavková, c) trubénka Haeckelova, d) lamblie střevní

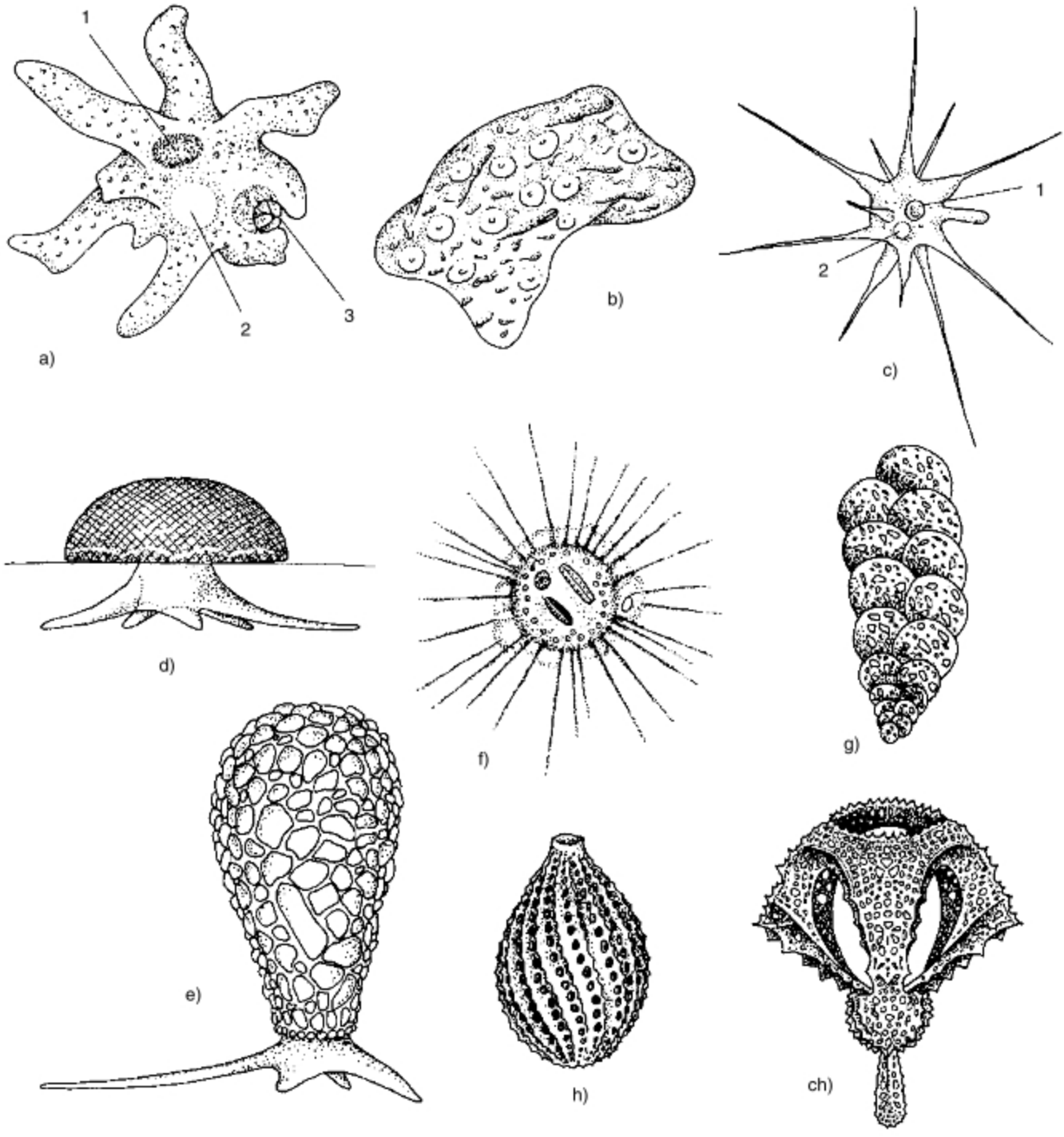
Kmen: **Kořenonožci** *(Rhizopoda)*

Příslušníci tohoto kmene jsou prvoci s proměnlivým povrchem těla, který jim umožňuje tvořit typické pohybové organely **panožky** *(pseudopodia)*, jimiž se pohybují i přijímají potravu ***(fagocytóza)***. Tvoří **potravní vakuoly**, v nichž probíhá trávení. Některé druhy kořenonožců vytvářejí na svém povrchu schránky. Obvykle mívají jedno jádro. Běžně se rozmnožují dělením.

■ **Měňavky** *(Amoebina)* nikdy **netvoří schránky**. **Měňavka zemní** *(Amoeba verrucosa)* žije v mechu. Poznáme ji podle krátkých kuželovitých panožek. **Měňavka velká** *(Amoeba proteus)* žije v detritu stojatých vodních nádrží. Má velké jádro a prstovité panožky. Z parazitických měňavek způsobuje krvavé průjmy a horečky střevní parazit **měňavka úplavičná** *(Entamoeba histolytica).* V bahně stojatých vod se živí detritem **panoženka měňavková** *(Mastigamoeba aspera)*, která se pohybuje bičíkem a potravu přijímá panožkami.

■ **Krytenky** *(Testacea)* jsou **sladkovodní** prvoci s chitinovými schránkami s nalepenými zrnky písku. Při dělení obvykle jeden z dělících se jedinců vytváří schránku novou např. **rozlitka** *(Difflugia)* nebo **štítovka** *(Arcella).*

■ **Dírkonošci** *(Foraminifera)* žijí **jen v moři**. Schránky mívají obvykle vícekomůrkové, spirálovité, tvořené uhličitanem vápenatým. Je v nich hodně otvorů, z nichž vycházejí nitkovité panožky. Většina z 2000 druhů dírkonošců je fosilních. Jejich schránky se hromadily na dně oceánů a staly se tak významným horninotvorným činitelem.



Kořenonožci a paprskovci

a) měňavka velká *(1 jádro, 2 stažitelná vakuola, 3 trávicí vakuola),* b) měňavka bahenní, c) měňavka ostrorohá *(1 jádro, 2 stažitelné vakuoly),* d) štítovka obecná, e) rozlitka hruškovitá, f) slunivka obecná, g) dírkonošec *Textularia sp.*, h) mřížovec *Calocyclas sp.*, ch) mřížovec *Circogonia sp.*

Kmen: **Paprskovci** *(Actinopoda)*

Podobně jako kořenonožci mají schopnost vytvářet panožky s typickým osním vláknem.

Ve svém prostředí představují na své úrovni predátory jiných prvoků a bakterií.

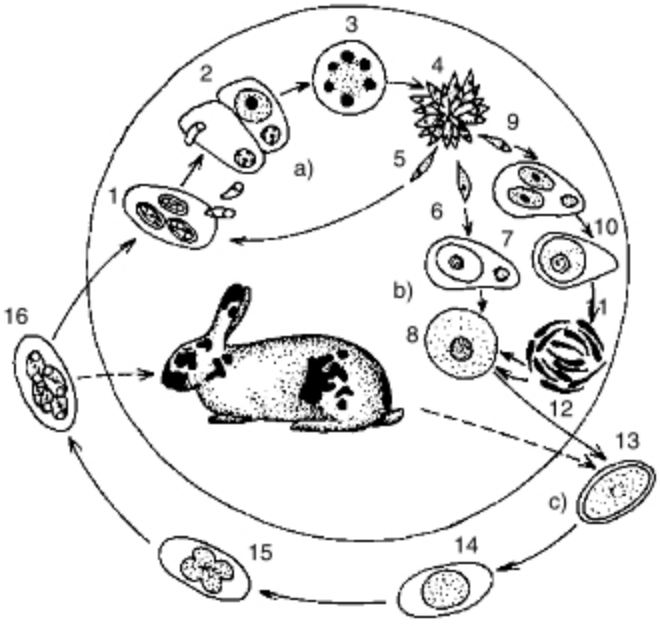
■ **Slunivky** *(Heliozoa)* jsou **obyvatelé** sladkovodních **rašelinišť**. Z jejich kulovitého tělíčka, skrytého ve schránce z oxidu křemičitého nebo chitinu, vystupují paprskovitě nápadně tenké panožky.

■ **Mřížovci** *(Radiolaria)* žijí **v planktonu teplých moří**. Mají chitinové kulovité schránky a vnější schránky křemičité. Žijí v symbióze s jednobuněčnými řasami. Po odumření živočichů schránky klesají ke dnu a tvoří tzv. **radiolárioví bahno**. Jsou významným horninotvorným činitelem.

Kmen: **Výtrusovci** *(Sporozoa, Apicomplexa)*

Všichni zástupci tohoto kmene jsou **osmotrofní endoparazité**, kteří pronikají do buněk svých hostitelů. Ve vývoji střídají hostitele i generace pohlavní a nepohlavní. Hostitel, v němž probíhá pohlavní rozmnožování, je považován za hostitele hlavního. Výtrusovci bývají původci těžkých onemocnění člověka i hospodářsky významných zvířat. Řadíme k nim hromadinky, kokcidie, krvinkovky a piroplazmy.

Kokcidie jaterní *(Eimeria stiedae)* způsobuje kokcidiózu králíků a zajíců *(hnisavé záněty žlučovodů).* Jejich játra s bělavými skvrnami *(hnisavá ložiska)* jsou nepoživatelná. Zygota, vzniklá v žlučovodech kopulací gamet, se vyvine v oocystu, která je se žlučí vyplavena do střeva a s výkaly opouští tělo. Na vzduchu dochází ke sporogonii. Vzniklá infekční stadia se s potravou, potřísněnou řídkým trusem, rozšiřují do dalších jedinců.

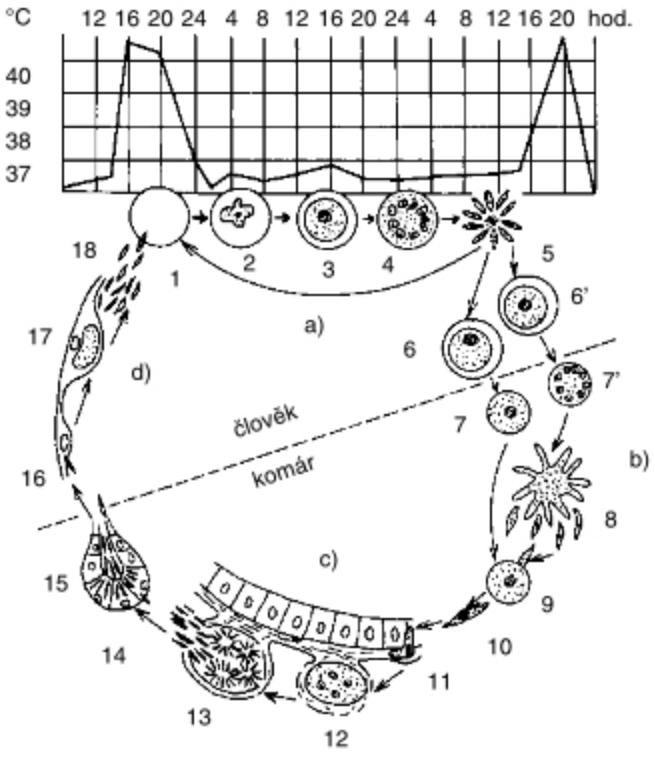


Vývojový cyklus kokcidie jaterní
Mimo tělo hostitele (c) se v bobcích na vzduchu vytvoří nepohlavně spory (13–16) se sporozoity, schopnými nakazit nového hostitele (16). V zažívacím traktu králíka se sporozoiti uvolňují a napadají jeho jaterní tkáň (2),v ní se schizogonicky pomnožují (3) a vytvářejí hromádky merozoitů(4) schopné napadnout další jaterní buňky. Tento proces se několikrát opakuje. Posléze se vytvoří pohlavní jedinci (6–12). Zygota opouští v bobcích tělo hostitele, zapouzdří se a na vzduchu vytvoří nepohlavně spory se sporozoity (13–16), schopnými nakazit nového hostitele (16).

Pro těhotné ženy a vyvíjející se plod je nebezpečná **Toxoplasma gondii**, parazitující zejména v bílých krvinkách. Je přenosná ze zvířat *(nejčastěji z koček)* na člověka. Projevuje se dlouhodobými teplotami, zduřením mízních uzlin a únavou. Proti onemocnění toxoplazmózou má člověk vytvořeny obranné mechanizmy. Při onemocnění AIDS je obranyschopnost organismu narušena a toxoplazmóza se projeví v plné síle.

Krvinkovky *(Haemosporina)* jsou cizopasníci červených krvinek obratlovců, v nichž se schizogonicky pomnoží. Ke kopulaci jejich gamet dochází ve slinných žlázách samiček komára rodu **Anopheles**. Infekční stadia se při sání dostanou do těla člověka. Napadají červené krvinky v nichž se intenzivně schizogonicky množí. V pravidelných intervalech z krvinky vyhřeznou a napadají krvinky další. Do krve uvolněné metabolity způsobují malarické záchvaty, projevující se vysokými horečkami a následnými zimnicemi. Čtyřdenní cykly má **zimnička čtvrtodenní** *(Plasmodium malariae).* **Zimnička třetidenní** *(Plasmodium vivax)* má cykly třídenní.

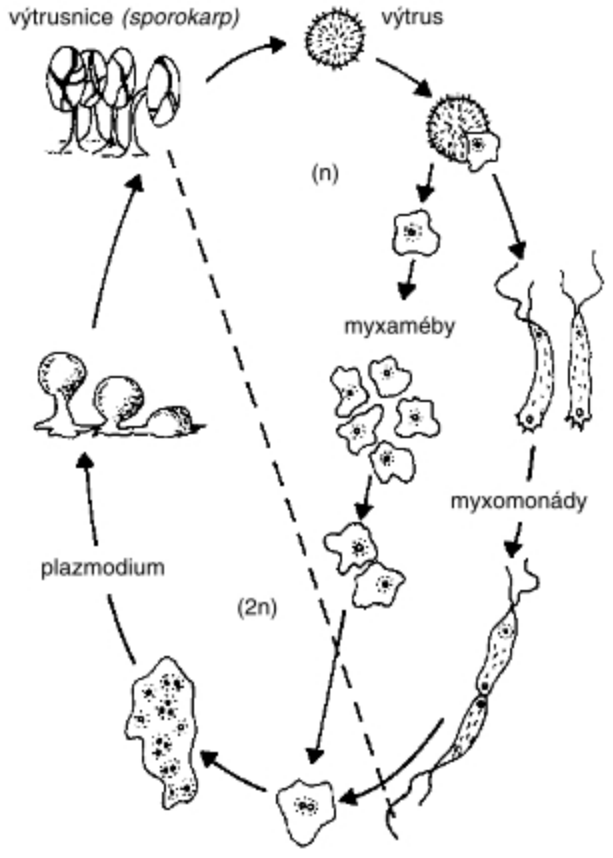
V tropech a subtropech trpí malárií asi půl miliardy lidí. Účinným protimalarickým lékem je alkaloid z kůry chinovníku **chinin**. Biologický boj s touto chorobou spočívá především v hubení populací komárů, kdy do vodních nádrží jsou nasazeny drobné druhy ryb hubící komáří larvy *(např. rod Gambusia).*



Vývojový cyklus krvinkovek
(viz také barevná obrazová příloha)
1–4 – schizogonické pokolení (a) v lidských krvinkách,
5 – vznik merozoitů *(je provázen horečnatými stavy),*
6 a 6' – gametocyty v krvi člověka,
7 a 7' – komár nasaje s krví nemocného člověka samčí i samičí gametocyty. V těle Anophela pak vznikají samčí i samičí gamety. Jejich kopulací se vytváří zygota zvaná ookinet. Ta se usazuje ve střevě komára (7–11),
12–14 – tvorba sporozoitů, které přecházejí do slinných žláz samičky Anophela (15).
Při sání krve na člověku vnikají do krevního epitelu (16), kde se nepohlavně množí (17).
Vzniklí jedinci (18) napadají červené krvinky člověka.

Kmen: **Hlenky** *(Mycetozoa, Myxomycota)*

Vyskytují se jako jednojaderné **myxaméby** nebo **myxomonády** se dvěma nestejně dlouhými bičíky. Rozmnožují se dělením. Živí se pohlcováním bakterií nebo saprofyticky organickými látkami z těl odumřelých organismů, některé druhy též parazitický. Nápadné jsou teprve tehdy, když se začnou shlukovat a vytváří **mnohojaderné plazmodium**. Tomu předchází pohlavní proces, kdy nejdříve splývají plazmy ***(plazmogamie)*** a později i jádra ***(karyogamie)*** dvou myxaméb nebo myxomonád. Myxaméby jsou bezbičíkaté haploidní buňky, pohybující se panožkami; myxomonády jsou haploidní rejdivé výtrusy zoospory. Zygota zůstává neoblaněná, pohybuje se amébovitě a slévá se s jinými zygotami v nepřehrádkovaná mnohojaderná plazmodia. Za určitých podmínek se z plazmodia vyvíjejí **výtrusnice** *(sporokarpy)*. V nich meiózou vznikají haploidní výtrusy s celulózní buněčnou stěnou.



Životní cyklus slizovky

Kmen: **Nádorovky** *(Plasmodiophorida)*

Jsou specializované parazitické organismy. V hostitelských buňkách *(řasy, cévnaté rostliny)* se vyskytují ve formě mnohojaderné cytoplazmy, označované jako **paraplazmodium**. Vlivem napadení dochází ke zvětšení nebo zmnožení buněk hostitele a tím ke vzniku nádorů. Významná je **nádorovka kapustová** *(Plasmodiophora brassicae)* způsobující na kořenech brukvovitých rostlin nádory. Napadené rostliny mají uvadlý vzhled, hlávky se nezavíjejí.

Kořeny kedlubnu napadeného nádorovkou

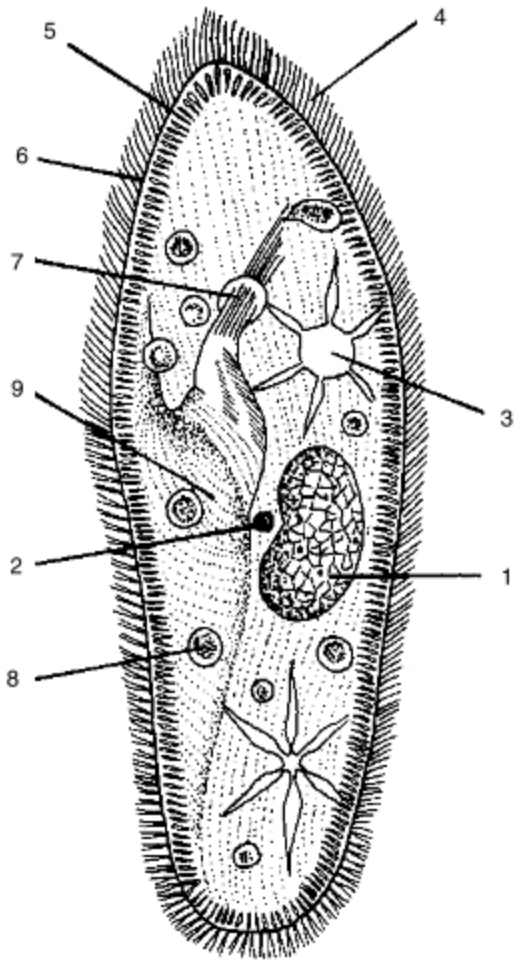
Nádorovky spolu s hlenkami jsou řazeny mezi prvoky houbového charakteru, tradičně byly a dosud jsou předmětem studia mykologie.

Kmen: **Nálevníci** *(Ciliophora)*

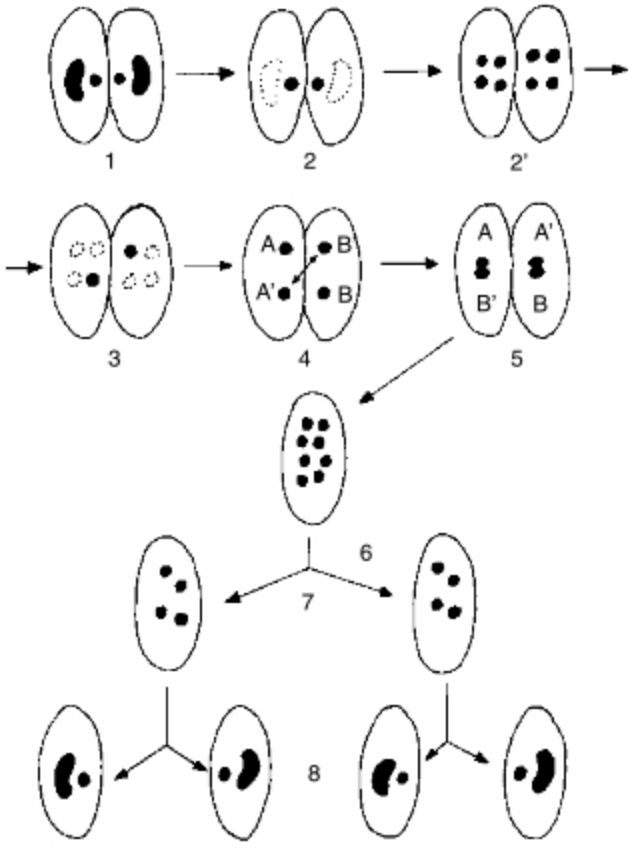
Nálevníci jsou prvoci s nejsložitější tělesnou stavbou. Obvykle mívají dvě jádra a alespoň část života mají tělo pokryté brvami *(cilie)*.

Typickým představitelem nálevníků je **trepka velká** *(Paramecium caudatum)*. Můžeme ji získat ze senného nálevu. Dosahuje velikosti až 0,2 mm. Tělo má nesouměrné, v zadní části zúžené. Na povrchu trepky je pružná **pelikula, buněčná ústa, buněčná řiť** a místo aktivní osmoregulace, v němž se vyprazdňují **pulsující vakuoly**. Trepka je na celém těle pokryta brvami, které mají obdobnou stavbu jako bičíky. Svým koordinovaným pohybem umožňují trepce pohyb vodním prostředím, případně přihánějí potravu. Jejich koordinovanou činnost umožňuje **neuromotorický aparát**, tvořený sítí vlákének, propojujících pod povrchem těla bazální tělíska brv.

Trepka se živí bakteriemi a drobnými řasami. Potravu přijímá **buněčnými ústy**, která pokračují do nitra buňky nálevkovitým **buněčným hltanem**, do něhož je mikroskopická potrava strhávána vířením přiústních brv – **ústní políčko**. Na dně buněčného hltanu se tvoří **potravní vakuola** V těle trepky se pohybuje po cyklické dráze – **cyklóza**. V blízkosti makronuklea se její pohyb vždy výrazně zpomalí. Zplodiny přeměny látkové jsou odstraňovány na určitém místě těla – **buněčná řiť**. Metabolity rozpustné ve vodě jsou odstraňovány **dvěma pulsujícími vakuolami**, které mají osmoregulační funkci. Skládají se z centrální dutinky, obklopené sběracími váčky. Trepky jsou potravou rybího potěru. Mají rovněž ekologický význam jako **indikátory stupně znečistění vod** *(množství trepek je přímo úměrné stupni znečistění)*.



Nálevníci – trepka velká
1 – makronukleus, 2 – mikronukleus, 3 – pulzující vakuola, 4 – brvy, 5 – trichocysty, 6 – pelikula, 7 – buněčná ústa, 8 – potravní vakuola, 9 – ústní políčko



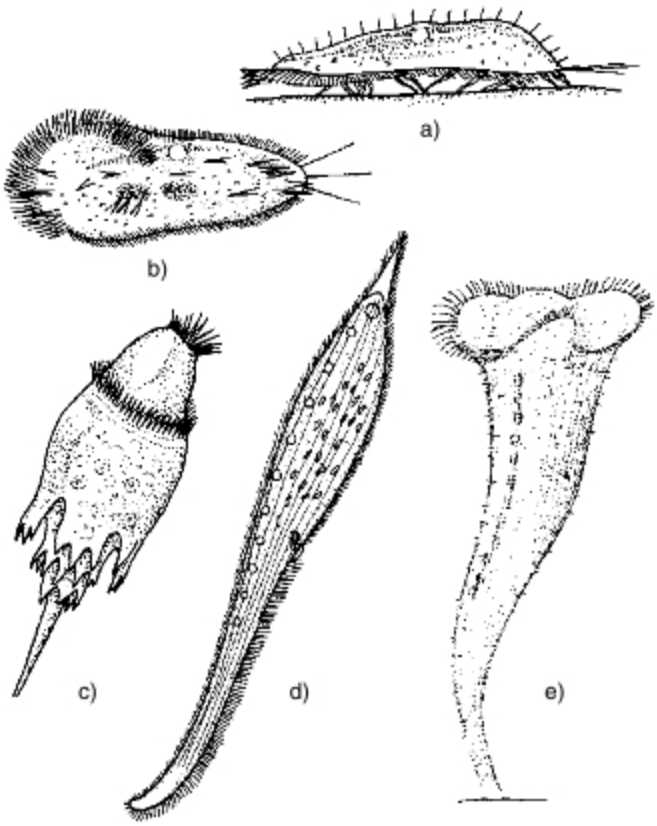
Konjugace trepky velké
1 – dvě trepky se k sobě přiloží ústními poli,
2, 2' – rozpad makronukleu a vznik 4 mikronukleů,
3 – tři mikronukleky zanikají, čtvrtý se dělí na jádro stacionární a jádro migratorní,
4 – výměna migratorních jader,
5 – splynutí stacionárního jádra s vyměněným jádrem migratorním, 6 – vznik vícejaderného synkaryonu,
7 – oddálení *(vznik exkonjugantů)*,
8 – pokračující vývoj jader
(již samostatně v každém exkonjugantovi)

Trepka je typicky dvojjaderným živočichem. **Makronukleus** má funkci vegetativní *(vylučování trávicích enzymů)*, **mikronukleus** má funkci rozmnožovací. Trepka se množí nejčastěji příčným dělením, ale i pohlavně **konjugací:**

*Konjuganti se k sobě přiloží buněčnými ústy. Po rozpadu makronukleu se v každém konjugantovi dvakrát rozdělí mikronukleus. Vzniknou z něj čtyři jádra, z nichž tři degenerují a jádro nejbližší buněčným ústům se redukčně rozdělí na menší haploidní **jádro migratorní** s funkcí samčí a větší, rovněž haploidní, **jádro stacionární**, s funkcí samičí. Migratorní jádra se s částí cytoplazmy přelijí do partnerského konjuganta a splynou s jeho stacionárním jádrem v **synkaryon**. Poté se konjuganti rozestoupí. Následují tři za sebou jdoucí jaderná dělení, z nichž vznikne čtveřice makronukleů a čtveřice mikronukleů. Čtveřice makronukleů zůstává, tři mikronukleky degenerují a čtvrtý se mitoticky rozdělí. Vzápětí dochází k příčnému dělení **exkonjugantů** (tedy jedinců, kteří se předtím zúčastnili konjugace). Každý z nich pak obsahuje dvojici makronukleů a jeden mikronukleus. Proces dělení mikronukleů a následné dělení buňky se znovu opakuje. Výsledkem konjugace jsou 4 plus 4 noví životaschopní jedinci. Vlastní konjugace trvá asi 15 hodin a s následným dělením buněk až 60 hodin.*

Lahvicovitě protažené tělo má dravě se živící **chobotěnka husí** *(Dileptus anser)*. Na povrchu vodních rostlin se pohybuje zploštělá **slávinka obecná** *(Stylonychia mytilus)*. **Mrskavka modrá** *(Stentor coeruleus)* má modrozelené nálevkovité tělo a korálkovitý makronukleus. **Bachořci** *(Entodiniomorphida)* žijí v bachoru přežvýkavců, kde štěpí celulózu.

K obrveným prvokům náležejí i **rournatky** *(Suctoria)*, které bývají obrvené a pohyblivé pouze v mládí. Posléze přisedají k podkladu a dlouhými savými rourkami vysávají svoji kořist *(nejčastěji jiné nálevníky)*. Obdobně jako přisedlé druhy nálevníků se rozmnožují nepohlavně **pučením**. Nově se tvořící jedinec při něm postupně dorůstá a posléze se odděluje.

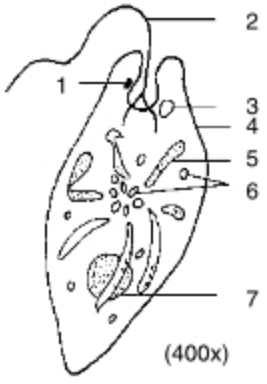


Nálevníci
a) slávinka obecná *(lezoucí)*, b) slávinka obecná *(zespodu)*, c) bachořec Purkyňův, d) chobotěnka husí, e) mrskavka modrá

Kmen: **Krásnoočka** *(Euglenozoa)*

Krásnoočka žijí převážně ve sladkých vodách, silně znečištěných organickými látkami. Tvoří zelené povlaky na dně nádrží nebo tenké blanky při hladině.Ve svých buňkách obsahují chloroplasty, které získala **sekundární endosymbiózou** zelených řas *(chloroplasty obsahují kombinaci chlorofylu a + b, karoteny, a xantofyly)*. Existují i druhy bez chloroplastů. Tyto druhy se živí **heterotrofně**. Druhy s chloroplasty se živí **mixotrofně** – kromě CO_2 využívají jako zdroj uhlíku též organické látky rozpuštěné ve vodě. Při dlouhodobém zatemnění tyto druhy ztratí chloroplasty a vyživují se pouze heterotrofně. Zásobní látkou je paramylon. Povrch těla kryje bílkovinná **pelikula**. Při bázi bičíku mají červené tělísko – světločivnou skvrnu *(stigma)*, které se podílí na fototaktických pohybech buňky.

Hojně se vyskytuje **krásnoočko zelené** *(Euglena viridis)* a **krásnoočko štíhlé** *(Euglena gracilis)*. Červené zbarvení povrchové blanky na hladině tůní a rybníčku způsobuje **krásnoočko krvavé** *(E. sanquinea)* obsahující červené barvivo *(astaxanthin)* překrývající zelenou barvu chloroplastů.

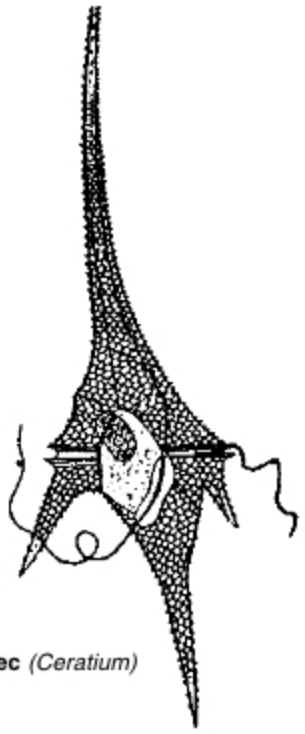


Bičíkatá stélka krásnoočka zeleného
(Euglena viridis)
1 – stigma,
2 – bičík,
3 – stažitelná vakuola,
4 – pelikula,
5 – chloroplasty,
6 – oválná zrna paramylonu,
7 – jádro

Kmen: **Obrněnky** *(Dinozoa)*

Zástupci tohoto kmene jsou nejčastěji jednobuněční bičíkovci. Dvojice bičíků vyrůstá z centrální prohlubně buňky. Obrněnky obsahující chloroplasty se vyživují **mixotrofně**, bez chloroplastů se živí **chemoheterotrofně** *(saprofyticky, fagotrofně nebo paraziticky)*. Chloroplasty obsahují chlorofyl **a** + **c**, karoteny a xantofyly. Povrch chloroplastů pokrývají tři obalné membrány bez spojení s jadernou membránou. Zásobní látkou je **škrob**. Bývá přítomná i **stigma**. Povrch obrněnek pokrývá vrstva plochých měchýřků uložených pod plazmatickou membránou. Měchýřky jsou naplněné tekutinou nebo obsahují celulózní destičky tvořící **pancíř**. Většina druhů žije v moři. Některé druhy, jako **svítilka** *(Noctiluca)*, způsobují světélkování mořské vody. Mnohé druhy produkují toxiny postupující potravním řetězcem do mořských bezobratlých živočichů a vážně ohrožují populace ryb. Konzumace potravy z otrávených mořských živočichů je nebezpečná i pro člověka. Ve sladkých vodách je součástí jarního planktonu například **trojrožec** *(Ceratium)*.

Svítilka
(Noctiluca miliaris)



Trojrožec *(Ceratium)*

Říše: **ŽIVOČICHOVÉ** *(Animalia)*

Živočichové jsou primárně pohyblivé eukaryotické organismy, jejichž těla jsou tvořena mnoha buňkami *(od několika desítek po desítky bilionů)*. V dospělosti dosahují velikosti od několika milimetrů do 33 m. Živí se chemoheterotrofně. Dochází u nich k tvarové i funkční diferenciaci na tkáně, orgány a orgánové soustavy.

CHARAKTERISTIKA ŽIVOČIŠNÉ BUŇKY

Živočišná buňka je vždy buňka **eukaryotická**. Má v zásadě shodnou stavbu s eukaryotickou buňkou rostlinnou. Podstatně **se** však od ní **liší** svou **biochemickou aktivitou** *(způsobem výživy)*.

Typickým znakem živočišných buněk je **tvarová rozmanitost** a tkáňová **specializace**. Živočišné buňky nemají celulózní buněčnou stěnu, plastidy a až na výjimky ani vakuoly. Během diferenciace **se nezvětšují**. Mění pouze svůj tvar v závislosti na vykonávané funkci.

Nejjednodušší tvar *(ovoidní)* má např. buňka vaječná se žloutkem nebo červená krvinka. Naopak nejsložitější tvary mají neurony. Živočišné buňky bývají zpravidla mimořádně **malé** *(do 20 μm)*. Zcela nejdelší bývají neurony, s výběžky až 120 cm. Buňky živočichů vykazují tendenci k uniformitě. Typickým znakem živočišných buněk je skutečnost, že buňky různých živočišných druhů, avšak stejného tkáňového typu, mají velmi podobný tvar *(např. spermie)*.

Živočišné buňky **mívají jedno jádro**. Výjimku tvoří např. buňky jaterní a buňky chrupavek, které mohou mít jádra dvě. Buňky odbourávající kostní tkáň *(osteoklasty)* mívají až 100 jader. Mnohojaderné útvary vznikají například splynutím více buněk v jediný útvar – **syncytium** *(srdeční tkáň)*.

Některé živočišné buňky mohou být i bezjaderné *(např. červené krvinky člověka)*. Velikost buněčného jádra je dána typem buňky. U diferencovaných buněk bývá hmota jádra v určitém stálém poměru k množství cytoplazmy *(tzv. **nukleocytoplazmový poměr**)*, který je charakteristický pro druh živočicha a typ tkáně.

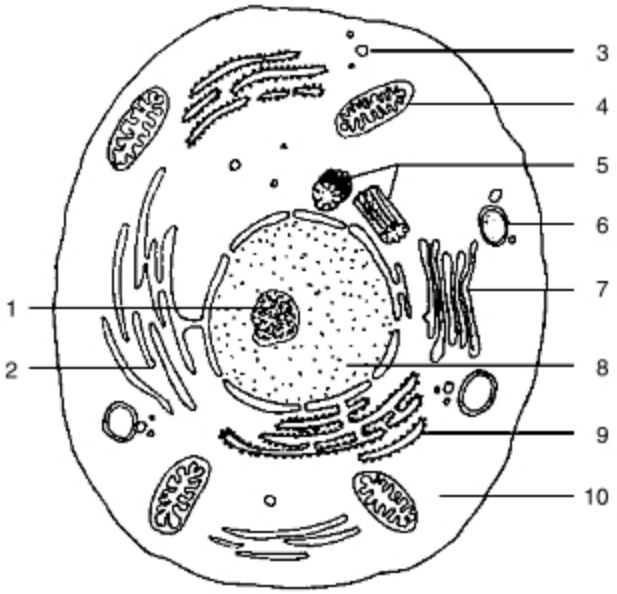
VZNIK MNOHOBUNĚČNOSTI

Je pozoruhodné, že těla jednobuněčných organismů *(Prvoci)* i živočichů *(jsou vždy mnohobuněční)* jsou tvořena stejnými prvky.

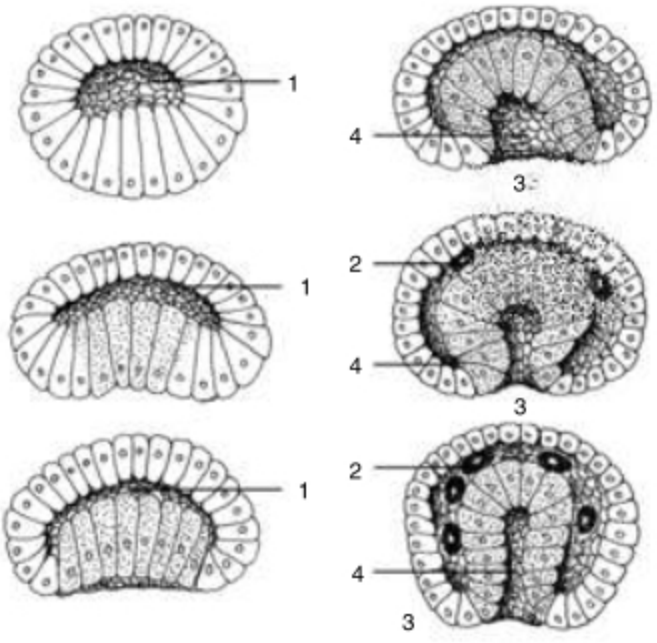
Rovněž na počátku ontogenetického vývoje každého živočicha je při pohlavním rozmnožování vždy jediná buňka *(oplozená vaječná buňka **zygota**)*. Předpokládáme tedy, že jednobuněčnost je evolučním předstupněm mnohobuněčnosti.

Proces diferenciace těl živočichů vysvětluje několik teorií:

Invaginační teorie *(Ernst Haeckel)* předpokládá, že prapředkem živočichů byla kulovitá kolonie typu váleče *(analogie vývojového stadia blastuly)*, která vznikne takto: oplozené vajíčko se opakovaně rýhuje, až vznikne kulovitý mnohobuněčný útvar **morula**. Vycestováním jejích vnitřních buněk k po-



Živočišná buňka
1 – jadérko, 2 – hladké endoplazmatické retikulum, 3 – vakuola, 4 – mitochondrie, 5 – centrioly, 6 – lyzozom, 7 – Golgiho aparát, 8 – jádro, 9 – hrubé endoplazmatické retikulum, 10 – cytoplazma



Průběh gastrulace vchlipováním
1 – prvotní dutina tělní *(blastocoel)*, 2 – mezenchym, 3 – prvoústa *(blastoporus)*, 4 – prvostřevo *(archenteron)*
Pozn.: ektoderm zakreslen bíle, entoderm tečkovaně a mezenchym černě

vrchu vzniká jednovrstevná **blastula** *(s prvotní dutinou tělní – blastocoel)*. Invaginací blastuly vznikne **gastrula**. Dalším vývojem tedy došlo k **vchlípení** její stěny dovnitř *(invaginaci)*, čímž vznikl dvouvrstevný organismus. Jeho vnější obal – **ektoderm** – měl funkci krycí, vnitřní obal – **entoderm** – měl funkci trávicí. Vzniklá dutina vystlaná entodermem ***(prvostřevo** – archenteron)* je propojena **prvoústy** (*blastoporus*) s okolním prostředím. Obdobně probíhá i embryonální vývoj celé řady výše organizovaných živočichů.

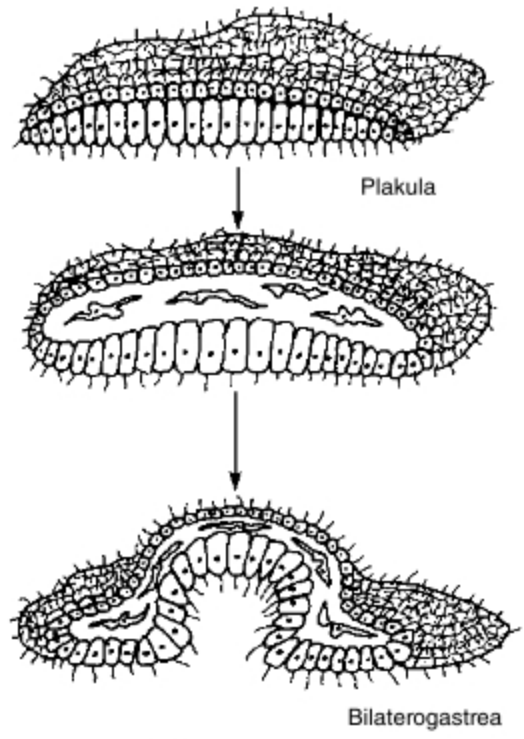
U vývojově níže organizovaných živočichů *(kteří ustrnuli na evolučním stupni dvouvrstevných)* vysvětluje vznik mnohobuněčnosti:

Imigrační teorie *(Ilja Mečnikov)*. Rovněž vychází z představ o hypotetické kulovité kolonii bičíkovců, avšak vznik entodermu vysvětluje **vcestováním** *(imigrací)* některých buněk schopných fagocytózy do nitra kolonie, jejich pomnožením a uspořádáním do plochy. Následně se tak utváří dutina prvostřeva a prvoústa. Tohoto hypotetického prapředka mnohobuněčných živočichů nazval **parenchymela** *(fagocytela)*.

Plakulární teorie (*Otto Bütschli*) předpokládá, že nejranějším stadiem mnohobuněčných byla **plakula** – plochý, dvouvrstevný organismus pohybující se po mořském dně. Vrstva spodních buněk tak byla ve styku s mnohem větším počtem potravních částic než vrstva svrchní. Spodní vrstva se proto specializovala na potravní funkce, zatímco vrstva svrchní na funkce ochranné. Střední část těla se nadzvedávala a vytvářela dočasně trávicí dutinu. Plakula byla organismus spíše lezoucí než plovoucí. Nadzvednutím těla a jeho protažením vznikl dvoustranný (*bilaterální)* útvar **bilaterogastrea**. Bütschli se domníval, že bilaterální souměrnost evolučně předcházela souměrnosti radiální, se kterou se setkáváme u zástupců kmenů **Cnidaria** a **Ctenophora**. Radiální symetrie se u nich vyvinula až druhotně.

Ciliární teorie předpokládá, že předchůdci mnohobuněčných byli **mnohojaderní obrvení**. Podle této teorie těla prvních eumetazoí byla syncytiální. Každé jádro kontrolovalo cytoplazmu okolo sebe. Vytvoření buněčných membrán okolo těchto jader s částí cytoplazmy vedlo ke vzniku mnohobuněčného živočicha podobného nejjednodušším ploštěncům. Podobně tedy jako Bütschliho plakulární teorie předpokládá tato teorie v evoluci živočichů prioritu bilaterální souměrnosti.

Živočichové, kteří mají pouze dva zárodečné listy zůstávají na vývojovém stupni gastruly a nazývají se **Diblastica** *(např. houbovci a žahavci)*. Evolučně dokonalejší živočichy, jimž se vyvíjí ještě třetí zárodečný list **mezoderm**, nazýváme **Triblastica**.



Trichoplax adhaerens
Schéma vzniku dočasné trávicí dutiny

oddělení A: **Diblastica**

(Živočichové se dvěma zárodečnými listy a zpravidla radiální /paprsčitou/ tělesnou souměrností. Vločkovci a houby mají těla nesouměrná.)

Kmen: **VLOČKOVCI** *(Placozoa)*

Vločkovci jsou nejjednodušší dosud známí živočichové. Jsou asymetričtí a mají tvar dvouvrstevné ploché vločky. Jejich hřbetní vrstvu tvoří bičíkaté buňky, břišní vrstvu tvoří váčkovité buňky žláznaté a cylindrické buňky vstřebávací. Mezi hřbetní a břišní vrstvou je tekutina s vláknitými buňkami, mitochondriemi a symbiotickými bakteriemi. Rozmnožují se nepohlavně příčným dělením. Živí se prvoky a řasami. Dva objevené druhy obývají pobřežní pásmo *(litorál)* Rudého moře. Např. **Trichoplax adhaerens**.

Kmen: **HOUBOVCI** *(živočišné houby)* *(Porifera)*

Houbovci jsou starobylá skupina organizmů *(doložená z kambria)*, která se vyvinula nejpravděpodobněji z bičíkovců. Je slepě končící vývojovou větví živočichů, kteří ještě nevytvářejí skutečné tkáně a orgány. Evolučně ustrnuli na vývojovém stupni gastruly. V dospělosti jsou zcela nepohybliví a vzhledem připomínají spíše přisedlé trsy řas. Nemají vytvořené svalstvo, ani ústrojí cévní a ner-

vové, dýchají celým povrchem těla. Všechny druhy hub žijí ve vodě *(97 % v moři)*. Některé druhy vytvářejí kolonie, jiné žijí jednotlivě *(solitárně)*. Jejich tělo je tvořeno vnější vrstvou buněk *(ektoderm)*, vykonávající funkci krycí, a vnitřní vrstvou límečkovitých buněk s funkcí trávicí *(entoderm)*. Mezi obě vrstvy buňky vylučují pružnou rosolovitou hmotu mezenchym. Uvnitř těla houby, která připomíná tvarem džbáneček, je poměrně velká centrální dutina, propojená s okolím velkým množstvím postranních otvůrků *(ostie)* a jedním velkým vyvrhovacím otvorem *(oskulum)*.

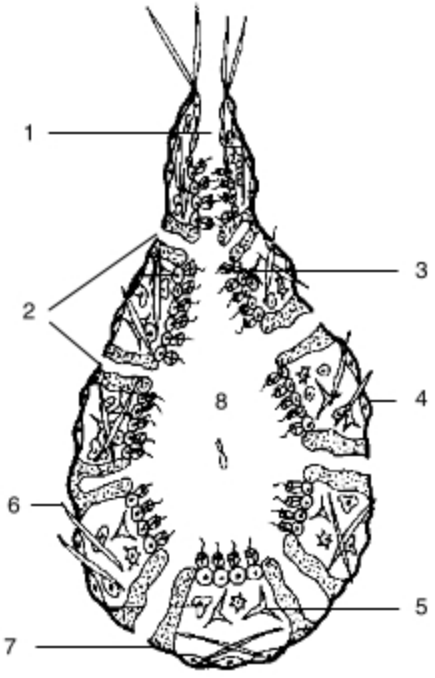
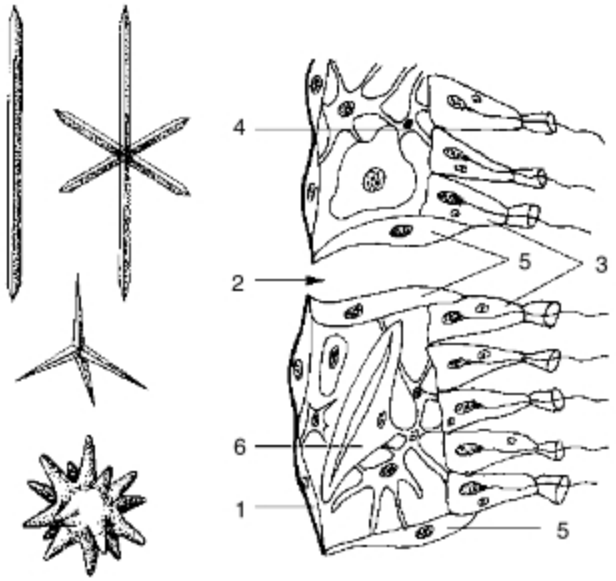


Schéma tělesné stavby askonní houby
1 – oskulum, 2 – ostie, 3 – límečkovité buňky, 4 – ektodermální buňky, 5 – amoebocyty, 6 – jehlice, 7 – porocyty, 8 – centrální dutina



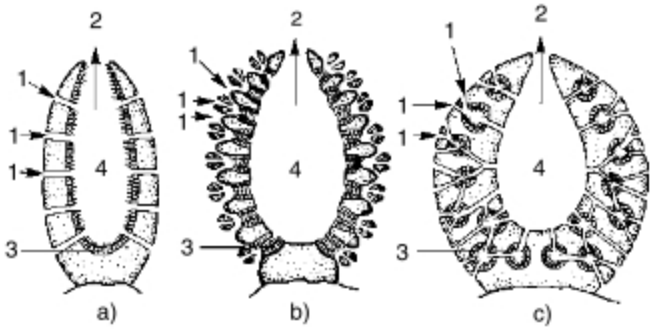
Typy jehlic křemičitých hub | **Řez tělní stěnou asconní houby**

1 vnější krycí buňka, 2 ostium, 3 límečkovitá buňka, 4 mezenchymatická hvězdicovitá buňka, 5 porocyty, 6 skleroblast s jehlicí

Diferenciací některých buněk ektodermu vznikly **amoebocyty** *(schopné fagocytózy a měňavkovitého pohybu)*. Roznášejí částečky potravy od límečkovitých buněk po těle houby. **Skleroblasty** vylučují základní složky vnitřní opory těla hub, jimiž jsou **jehlice** (*sklerity*). **Spongoblasty** vylučují pevná a současně pružná spongiová vlákna a **archeocyty**, z nichž vznikají vnitřní pupeny a pohlavní buňky *(houby jsou hermafroditi)*.

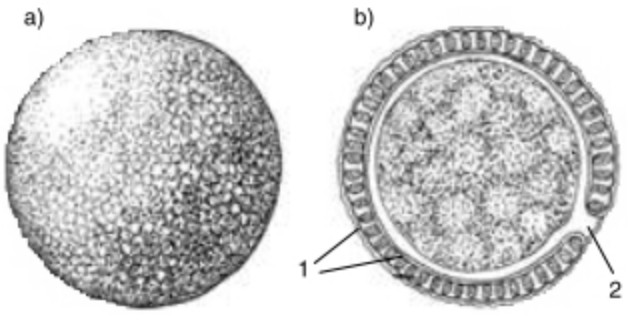
Porocyty jsou *ektodermální* buňky, jejichž vnitřní kanálek vede z povrchu do oskulární dutiny houby. Vzniklými kanálky ***(ostia)*** proudí prokysličená voda s mikroskopickými částečkami potravy dovnitř těla houby.

Entoderm je vystlán **límečkovitými buňkami *(choanocyty)*** ve tvaru komolého kužele s plazmatickým límečkem, v jehož středu kmitá bičík *(má nápadně podobnou stavbu jako buňky koloniálního bičíkovce trubénky Haeckelovy), (str. 85)*. Bičíky vytvářejí proud vody, směřující od ostií do tělní dutiny a oskulem ven. Mikroskopické částečky potravy se přitom zachycují na límečcích choanocytů, jsou pohlcovány jejich plazmou a předávány dále amoebocytům v mezenchymu. Amoebocyty vylučují do ostiálních kanálků i nestrávené zbytky potravy.



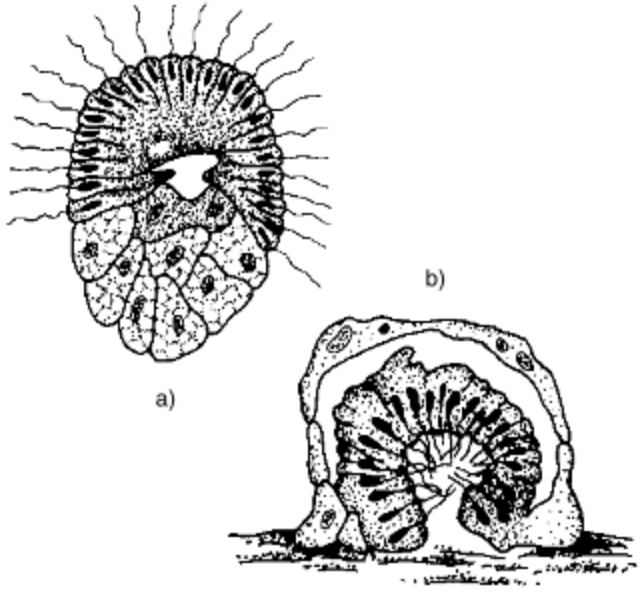
Tělní typy houbovců
a) typ askonní, b) typ sykonní, c) typ leukonní
1 – ostie, 2 – oskulum, 3 – límečkovité buňky, 4 – centrální dutina

Houby se rozmnožují zpravidla nepohlavně, ale i pohlavně. Běžným způsobem nepohlavního rozmnožování hub je **pučení**. Nově vzniklý jedinec se přitom neodděluje od jedince mateřského. Postupně tak vzniká kolonie. Zvláštním způsobem nepohlavního rozmnožování sladkovodních hub, vzniklým jako adaptace na klimatické změny v mírném pásmu je tzv. **vnitřní pučení**, k němuž dochází v závěru vegetačního období. V mezenchymatické hmotě se tvoří **shluky archeocytů**, bohatých na výživné látky, a obalí se dvojitou vrstvou sponginu se vzduchovou mezivrstvou. Obal bývá vyztužen dvojterčovitými jehlicemi **amfidisky**. V jednom místě je v obalu pouze tenká blanka *(porus)*. Po zámrazu houba odumře a rozpadne se. Přežívají pouze zárodky *(o velikosti špendlíkové hlavičky)* – **gemule**. Zjara se uvolní archeocyty do vody a dávají vznik novým jedincům hub. Svými amfidisky mohou gemule ulpívat na peří vodního ptactva a být tak pasivně přenášeny i do značně vzdálených vodních nádrží.



Gemule houby říční
a) vnější vzhled, b) průřez gemulí *(1 amfidisky, 2 porus)*

Houby se mohou množit i pohlavně. Všichni jedinci kmene hub jsou **hermafroditi**. Jejich pohlavní buňky se tvoří ve vrstvě mezenchymu. Spermie opouštějí tělo houby s proudem vody. Jsou-li nasáty ostiemi jiné houby téhož druhu zachycují se na jejích límečkovitých buňkách. Jejich tělem pak pronikají do mezenchymu, kde oplozují zralá vajíčka. Rýhováním se tvoří larva **amfiblastula**, která opouští tělo houby a určitou dobu volně plave. Tělo amfiblastuly je polarizováno. Pól opatřený bičíky je tvořen buňkami drobnými *(základ budoucího entodermu)*. Opačný pól je tvořen velkými buňkami, z nichž po přisednutí vzniká ektoderm.



Larva hub *(amfiblastula)*
a) plovoucí,
b) po usazení na dně *(bičíkaté buňky jsou základem budoucího entodermu)*

Houby žijí převážně v šelfovém pásmu moří. Jen asi 150 druhů obývá sladké vody. Proti přirozeným nepřátelům jsou chráněny svými jehlicemi. Může se jimi živit jen několik druhů specializovaných vodních živočichů *(např. jehla mořská)*. Kromě několika druhů s mohutně vyvinutým spongiovým vlášením *(např. houba mycí)* praktický význam nemají. Houby řadíme do tří tříd:

1. **Houby vápenaté** *(Calcispongia)*

Patří sem výhradně mořské druhy se samostatnými jehlicemi z $CaCO_3$. Jsou většinou drobné a žijí v koloniích. Obývají zpravidla chladná moře. Modelovým organizmem této třídy může být **houba voštinatá** *(Sycon raphanus)*.

2. **Houby křemičité** *(Silicispongia)*

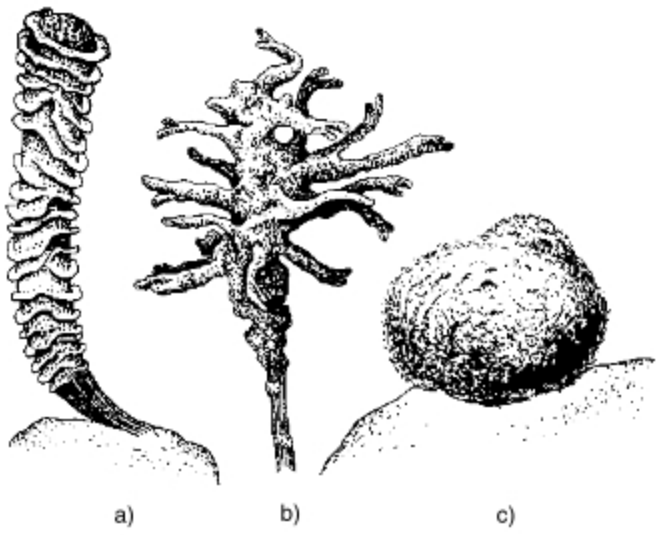
Oporu těla těchto hub tvoří jehlice z SiO_2. Obvykle žijí jednotlivě *(netvoří kolonie)*. Zpravidla obývají teplá moře. Podle složitosti stavby jejich jehlic je dělíme na **trojosé** a **čtyřosé**. Typickým představitelem trojosých hub je překrásná **houba pletená** *(Euplectella aspergillum)*. Žije solitárně v pobřežních vodách u Filipín, nazývá se také Venušin koš. Typickým představitelem hub s jednoosými jehlicemi *(příbuzné čtyřosým)* je tichomořský druh **houba pohárová** *(Poterion neptuni)*. Dosahuje velikosti až 150 cm. Ze sladkovodních druhů tvoří u nás kolonie **houba rybničná** *(Spongilla lacustris)*, která má gemule bez amfidisků, a **houba říční** *(Ephydatia fluviatilis)*, která tvoří povlaky na ponořených předmětech a jejíž gemule amfidisky mají.

3. **Houby rohovité** *(Keratosa, Cornacuspongia)*

Oporná soustava těl těchto druhů je tvořena výhradně spongiovými vlákny. Sklerity tedy nevytvářejí. Ve Středozemním moři jsou běžnými druhy **houba mycí** *(Euspongia officinalis)* a **houba koňská** *(Hippospongia communis)*.

Závěr:

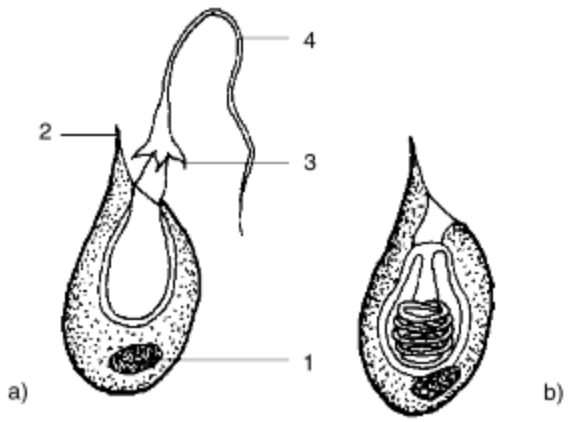
Houbovci nemají vývojové pokračování. Žádný další živočišný kmen se tedy z nich nevyvinul.



Některé druhy hub
a) houba pletená *(Venušin koš)*, b) houba rybničná,
c) houba koňská

Kmen: **ŽAHAVCI** *(Cnidaria)*

■ Vodní **živočichové s paprsčitě souměrným tělem**, které je na organizační úrovni gastruly. Mezi ektodermem a entodermem mají vrstvičku rosolovité hmoty ***(mezoglea)*** s opornou funkcí. Všichni mají slepě končící trávicí dutinu – **láčku** *(syn. láčkovci)*. Pozoruhodným biologickým mechanizmem láčkovců je **rodozměna** (*metageneze*), projevující se střídáním stadia nepohyblivého nepohlavního polypa a pohyblivé pohlavní medúzy. Jedince s žahavými buňkami řadíme do kmene **žahavci** *(Cnidaria)*. Žahavé buňky nemají příslušníci příbuzného kmene **žebernatky** *(Ctenophora)*.



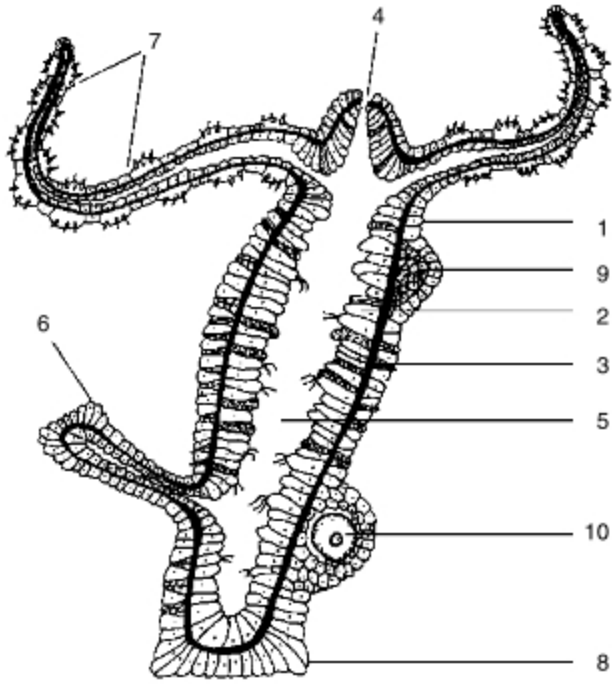
Žahavé buňky nezmara *(knidoblasty)*
a) buňka s vymrštěným vláknem
b) buňka s nevymrštěným vláknem
1 – jádro buňky, 2 – knidocil, 3 – ostny, 4 – vymrštěné vlákno

Přibližně 9000 druhů žahavců žije zpravidla v mořích. Do sladkých vod pronikly jen některé druhy druhotně.

Společným znakem žahavců je přítomnost žahavých buněk ***(knidoblasty)*** ektodermálního původu. Mají hruškovitý tvar a uvnitř dutinku se stočeným žahavým vláknem. Největší z nich mají citlivý výběžek ***(knidocil)***, při jehož podráždění se vlákno vymrští a jako harpuna se zabodne do těla kořisti. Přitom dutinkou vlákna do zasaženého živočicha proniká jed **hypnotoxin**, který ho zpravidla omráčí. Tímto způsobem žahavci přemohou i poměrně velkou kořist. Knidoblasty nemohou regenerovat. Proto se neustále doplňují ze **vmezeřených** *(intersticiálních)* **buněk** ektodermu, které mají embryonální charakter. Žahavci hospodářský význam nemají. Avšak jedna jejich třída *(korálnatci)* se od nejstarších geologických dob v tropických mořích významně podílí na stavbě zemské kůry *(korálové útesy, atoly)* a na koloběhu CO_2. Systematicky rozlišujeme 3 třídy: polypovci, medúzovci a korálnatci.

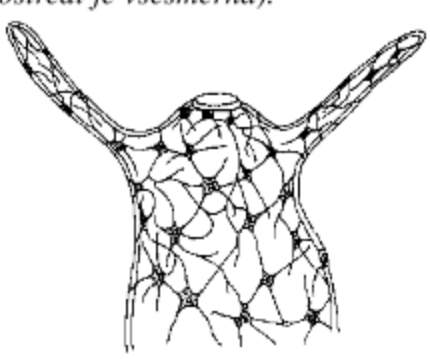
■ POLYPOVCI *(Hydrozoa)*

U polypovců časově i funkčně **převládá stadium polypa**. Jejich těla jsou ve směru podélné osy rozlišena na **nožní terč**, vlastní **tělo** s ústním terčem ***(peristom)*** a **chapadla**. Např. **nezmar obecný** *(Hydra vulgaris)* žije přisedle na vodních rostlinách ve stojatých, příp. mírně tekoucích čistých vodách, obvykle blízko vodní hladiny. Má pohárovité tělo přisedající stopkovitou „nohou“ k podkladu *(vylučováním lepivého sekretu)*. Na volném konci těla mívá zpravidla 6 chapadel, která bývají v klidu volně rozprostřená. V okamžiku podráždění se smršťí na zlomek svého původního objemu. Na zvláštních hrbolcích chapadel jsou shromážděny knidoblasty. Nezmaři jsou známí svou **regenerační schopností**, která jim umožňuje přežít nejrůznější poškození.



Schematický podélný řez tělem nezmara
1 – ektoderm, 2 – entoderm, 3 – mezoglea,
4 – otvor přijímací *(a současně vyvrhovací)*, 5 – láčka,
6 – pučící mladý jedinec, 7 – chapadlo, 8 – nožní terč,
9 – vznikající spermatozoidy, 10 – vznikající vajíčko

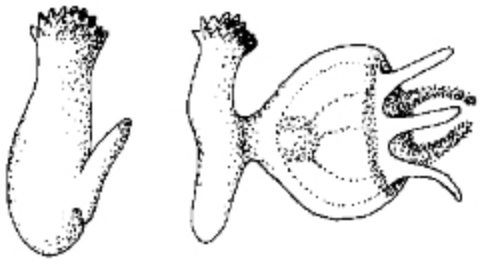
Svalové buňky nezmara ve své základní *(bazální)* části přivrácené k mezogleji bývají rozšířeny. V bazální části obsahují smrštitelná *(kontraktilní)* vlákénka **myofibrily**. Smyslové a nervové buňky jsou vzájemně propojeny svými výběžky a tvoří hustou **síť nervové soustavy rozptýlené** *(difuzní)* *(nejjednodušší typ nervové soustavy, reakce na podněty z prostředí je všesměrná)*.



Schematické znázornění rozptýlené nervové soustavy nezmara

Uvnitř těla nezmara je **láčka**, vystlaná buňkami bičíkatými i buňkami žláznatými. Pohlcená kořist je natravována enzymy již přímo v dutině láčky ***(extracelulární trávení)***. Trávení je pak dokončeno nitrobuněčně. Nestrávené zbytky jsou vyvrhovány zpět otvorem přijímacím. Medúza polypovců *(hydromedúza)* je čtyřčetně souměrná a drobná *(jen několik cm)*. Kromě pohlavního rozmnožování se nezmaři běžně rozmnožují **nepohlavně pučením**.

Z polypovců je v naší fauně běžný **nezmar hnědý** *(Pelmatohydra oligactis)* s mimořádně dlouhou stopkou a chapadly mnohonásobně přesahujícími délku těla a **nezmar zelený** *(Chlorohydra viridissima)*, který dosahuje pouze 10 mm, má 8 chapadel a žije v symbióze s řasami. Jediným žahavcem, žijícím u nás, který si zachoval rodozměnu, je **medúzka sladkovodní** *(Craspedacusta sowerbii)*. Vyskytuje se ve Vltavě a téměř ve všech přehradních vodních nádržích na celém našem území. Živí se mikroplanktonem.



Medúzka sladkovodní
(vznik medúzky pučením na těle polypa)

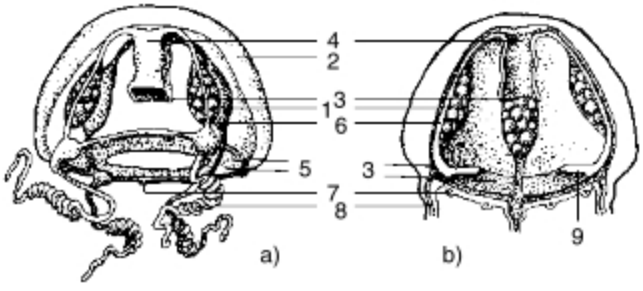
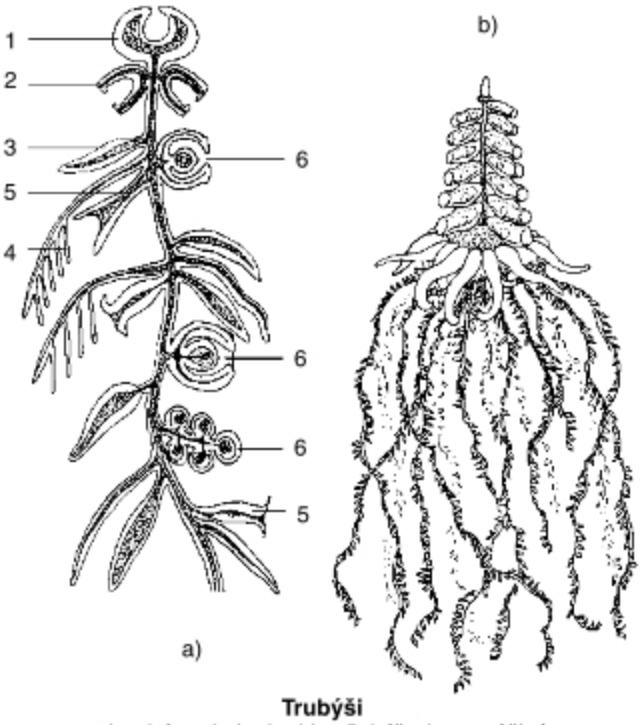


Schéma tělesné stavby hydromedúzy
a) celkový pohled, b) podélný řez tělem
1 – gonády, 2 – mezoglea, 3 – ústní otvor, 4 – dutina láčky, 5 – okružní kanál, 6 – radiální kanál, 7 – statocysta, 8 – chapadlo, 9 – plachetka *(velum)*

K polypovcům řadíme i v teplých mořích plovoucí **mnohotvárné** *(polymorfní)* **kolonie trubýšů** *(Siphonophora)*. Jednotliví členové kolonie mají zachovánu jen určitou část svého těla. Vzájemně jsou propojeni **stvolem** *(stolo)*, jehož vnitřkem prostupuje trávicí dutina. V horní části kolonie je **pneumatofor**, plnící funkci hydrostatického ústroje. Pod pneumatoforem vyrůstají **medúzomy** se silnou svalovinou, sloužící k aktivnímu pohybu kolonie. **Daktylozoidi** se žahavými buňkami zachycují potravu a **gonozoidi** zajišťují rozmnožování trubýšů *(kolonie se rozmnožují výhradně pohlavně)*. Trubýši jsou rosolovití, průhlední, často nápadně vybarvení, mívají podivuhodné tvary, příp. světélkují. Zatím bez hospodářského významu. Např. **měchýřovka vznášivá** *(Physophora hydrostatica)*.



Trubýši
a) schéma kolonie, b) měchýřovka vznášivá
1 – pneumatofor, 2 – plovací zvonce *(medúzomy)*, 3 – krycí destičky, 4 – daktylozoidi, 5 – gasterozoidi, 6 – gonozoidi

■ MEDÚZOVCI *(Scyphozoa)*

Ve svém vývojovém cyklu pravidelně střídají nepohyblivé nepohlavní stadium polypa a pohyblivé pohlavní stadium medúzy ***(rodozměna – metageneze)***. Polyp medúzovců bývá malý *(pouze asi do 5 mm)* a žije solitárně. Podstatnou část života jedince tvoří **skyfomedúzy**. Bývají poměrně velké *(průměr zvonu skyfomedúz bývá v rozmezí 5–60 cm, největší známá medúza* **Cyanea arctica** *má průměr zvonu až 200 cm a rozpětí chapadel kolem 40 m)*. V důsledku aktivního pohybu prostředím mají medúzy nápadně pokročilejší tělesnou organizaci než polyp. Stavbu jejich těla odvozujeme od polypů, zkrácením jejich podélné osy a silným rozvojem mezogley. Část odpovídající nožnímu terči tvoří vypuklou stranu zvonu *(exumbrella)*. Peristom, chapadla a pohlavní orgány se nacházejí ve spodní, vyduté části zvonu *(subumbrella)*. Ze středové části trávicí dutiny vybíhá radiálně do stran soustava kanálků, spojených na obvodu kanálkem okružním. Tato soustava plní současně funkci trávení i rozvádění živin *(gastrovaskulární systém)*. Na obvodu zvonu je svalovina, vypuzující z prostoru subumbrely vodu *(reaktivní pohyb)*, a 8 výběžků **ropálií**, v nichž jsou soustředěna smyslová ústrojí *(statocysta, jamkovité oči a chemoreceptory)*. Medúzy jsou **odděleného pohlaví** *(gonochoristé)*.

Pohlavní buňky se uvolňují do gastrovaskulární dutiny a tělo opouštějí ústním otvorem. K oplození dochází ve vodě.

Rýhováním vzniká obrvená plovoucí larva **planula**, která za několik dnů přisedá a mění se v polypa, jenž se po čase množí nepohlavně modifikovaným pučením – **strobilací** *(v podstatě je to zaškrcování)*. Řetězově tak vznikají malé medúzky – **efyry**, které mají jednodušší stavbu. Postupně však dorůstají, dokončují svůj vývoj a mění se v dospělé skyfomedúzy. Polyp ve stadiu strobilace se nazývá **strobila**. Skyfomedúzy se živí dravě. Jen kořenoústky se živí mikroskopickým planktonem.

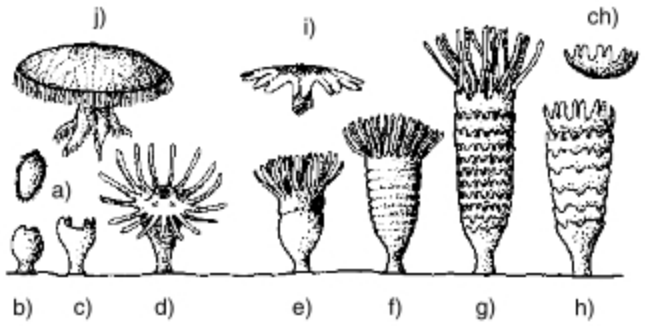


Schéma životního cyklu talířovky ušaté
a) planula, b–d) proměna planuly v skyfopolypa, e–h) strobilace, ch) právě oddělená efyra, i) plovoucí efyra, j) dospělá medúza

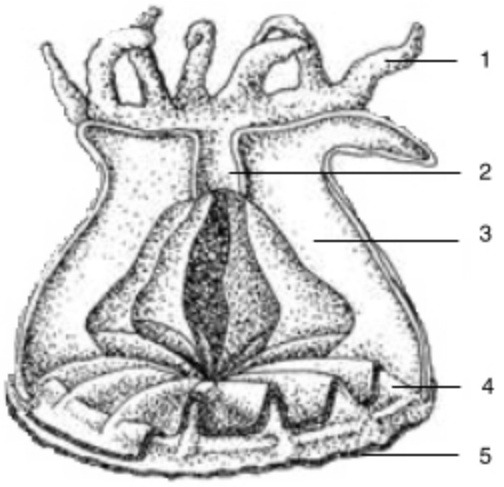
■ KORÁLNATCI *(Anthozoa)*

Pro korálnatce je typické **potlačení stadia medúzy**. Vytvářejí pouze polypové stadium. Žijí v moři a s výjimkou několika z nich jsou **všichni přisedlí**. Kromě sasanek **vytvářejí kosterní útvary** z koralinu nebo z $CaCO_3$. Obývají mělká, teplá tropická moře mezi oběma obratníky. Za miliony let vytvořili geologické masivy, bradla, ostrovy, útesy. Pohlavně jsou většinou **hermafroditi**. Nejčastěji se rozmnožují nepohlavně pučením. Nově vznikající jedinci se neoddělují. Vytvářejí kolonii, v níž všichni zůstávají propojeni společnou trávicí soustavou ***(coenosark)***. Polyp korála mívá válcovité tělo s přísním terčem, obklopeným i několika soustřednými věnci chapadel. Trávicí dutina bývá rozdělena svislými přepážkami *(septa)* jako makovice. Vnitřní okraje sept bývají zřasené. Obsahují jednak buňky produkující enzymy, jednak buňky vstřebávací.

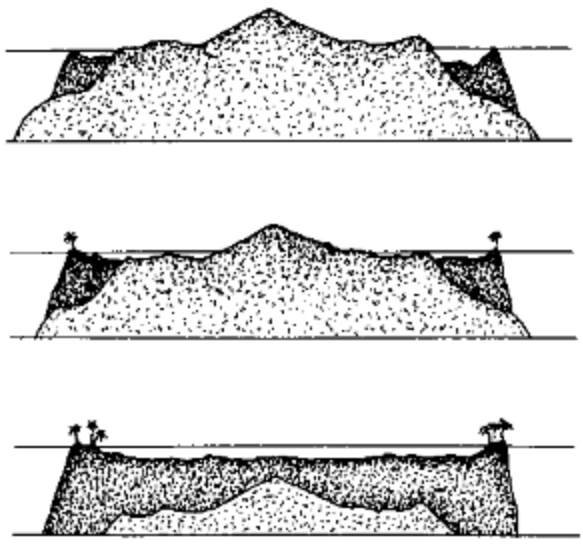
Osmičetní korálnatci *(Octocorallia)* mají vždy 8 přepážek, 8 chapadel a bez výjimky tvoří kolonie. Např. **korál červený** *(Corallium rubrum)*, jehož skelet bývá zpracováván na šperky. V Pacifiku v hloubkách do 100 m žijí **pérovníci** *(Pennatularia)*, kteří dokonce světélkují.

Šestičetní korálnatci *(Hexacorallia)* mívají počet chapadel vždy v násobku šesti. Patří mezi ně **sasanky** *(Actiniaria)* a **větevníci** *(Madreporaria)*.

Sasanky nikdy **netvoří kosterní útvary**. Vzhledem připomínají květenství chryzantém. Žijí jednotlivě, mnohdy i v symbióze s korýši, např. **sasanka plášťová** *(Adamsia palliata)* a rak **poustevníček mořský** *(Eupagurus prideaouxi)*. V evropských mořích je nejběžněji se vyskytující sasankou **sasanka koňská** *(Actinia equina)*.



Podélný řez tělem šestičetného korálnatce
1 – chapadla, 2 – jícen, 3 – septum, 4 – vápenatá spodní destička, 5 – skleroseptum



Vznik korálových útesů
Korálový útes původně lemoval pobřeží. Při poklesu mořského dna hlouběji uložené kolonie odumíraly, výše položené kolonie rostly dále. Růst korálů na obvodu je intenzivnější *(lepší přísun potravy a kyslíku z volného moře)*, takže se tvoří pásmo lagun. Ostrov nakonec celý mizí v moři. Z vody vyčnívá jen kruhovitý útes *(atol)*, uzavírající uprostřed mělkou lagunu.

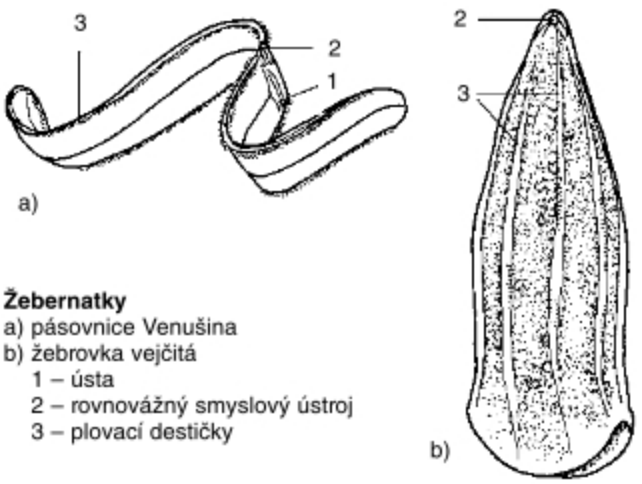
Druhou skupinou šestičetných korálnatců jsou **větevníci** *(Madreporaria)*. Žijí v teplých mělkých pobřežních vodách. Tvoří charakteristický masivní vápencovitý exoskelet. Z jediné planuly vzniká polyp, jehož pučením se vytvoří kolonie o mnoha milionech členů. Jedinci v nižších vrstvách postupně odumírají. Minerální látky na tvorbu skeletu získávají z mořské vody. Pro představu uvádím, že větevníky je tvořen např. Velký bradlový útes, lemující severovýchodní pobřeží Austrálie v délce asi 2000 km, přičemž je široký několik kilometrů. K často se vyskytujícím druhům patří např. nápadný **větevník mozkový** *(Diploria cerebriformis)* a **houbovník obecný** *(Fungia fungites)*.

Kmen: **ŽEBERNATKY** *(Ctenophora)*

K žebernatkám patří asi 80 druhů mořských láčkovců, kteří **nemají žahavé buňky**. Žijí v mořích mírného a teplého pásma. Živí se dravě larvami různých mořských živočichů. Vnitřní ústrojnost jejich těl můžeme odvodit od tělního typu medúzy. Mají velikost nejvýše několika decimetrů. Tvar jejich těla je vejčitý, hruškovitý, příp. pásovitý. Na jeho povrchu je podélně uloženo 8 pásů kmitajících destiček *(vznikly splynutím příčné řady brv).* Na horním konci těla mají statický orgán a dvě nápadná chapadla s lepivými buňkami, sloužícími k uchvacování potravy. Na spodní straně těla je ústní otvor, pokračující jícnem do gastrovaskulární soustavy.

Mimořádnou dravostí vyniká **žebrovka vejčitá** *(Beroë ovata).* K nejhezčím mořským živočichům patří **pásovnice Venušina** *(Cestus veneris).*

V tělesné stavbě všech příslušníků tohoto kmene je paprsčitá *(radiální)* souměrnost již částečně nahrazována souměrností dvoustrannou *(disymetrií).*



Žebernatky
a) pásovnice Venušina
b) žebrovka vejčitá
1 – ústa
2 – rovnovážný smyslový ústroj
3 – plovací destičky

Kmen: **MORULOVCI** *(Mesozoa)*

Morulovci jsou endoparazity mořských bezobratlých živočichů. Mají velikost nejvýše několik milimetrů a tělní stavbou připomínají morulu. Na povrchu těla mají obrvené somatické buňky, střed je tvořen buňkami rozmnožovacími. Primitivní tělesná organizace morulovců je patrně způsobena druhotně v důsledku jejich cizopasného způsobu života. Např. ve vylučovacích orgánech hlavonožců parazituje druh **Dicyema mirabilis**.

Morulovec
Dicyema mirabilis

Závěr:

Vložkovci, houbovci, žahavci a žebernatky jsou dnes nejprimitivnější známá metazoa, která ustrnula na vývojovém stupni gastruly. Jejich tělo je v podstatě tvořeno pouze epitely. Nejpůvodnější z celého kmene jsou patrně *polypovci.* Od nich směřovala samostatná vývojová větev k *medúzovcům* a jiná samostatná větev ke *korálnatcům.* Evolučním proudem, navazujícím na medúzovce, jsou *žebernatky* s náznaky bilaterální symetrie. Z podobných druhů, pohybujících se po mořském dně, vznikla dalším vývojem první primitivní *Bilateria.*

oddělení B: **Triblastica** (syn. *Bilateria*)

(Živočichové se třemi zárodečnými listy a zpravidla bilaterální souměrností těla.)

Pro všechna Triblastica je **typická dvoustranná souměrnost**, která vznikla jako důsledek převládajícího pohybu těchto živočichů jedním směrem. *(Výjimku tvoří pouze druhotně radiální ostnokožci).* Vlivem jednosměrného pohybu se vytvořila **příď** jejich těla *(hlavová část se zmnoženou nervovou tkání a smyslovými orgány na různém stupni dokonalosti).* Rovněž vytvářejí zcela nové specializované soustavy, jako gangliová nervová soustava, průchodná trávicí soustava, osmoregulační a exkreční soustava, cévní a dýchací soustava, lokomoční orgány, vnitřní skelet atd. Na opačném konci těla se vytvořila **záď**. Žijí ve všech životních prostředích. Systematicky je členíme na dvě řady:

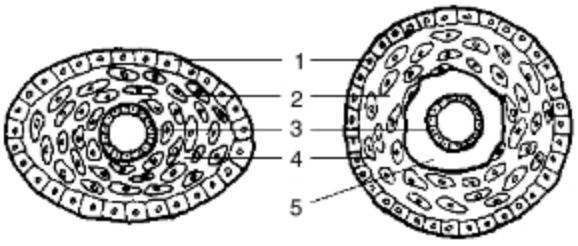
α řada: **Prvoústí** *(Protostomia)*
otvor ústní se vyvinul z blastoporu, jímž trávicí ústrojí začíná *(např. ploštěnci, hlísti, měkkýši, kroužkovci, členovci)*;

β řada: **Druhoústí** *(Deuterostomia)*
během ontogeneze vzniká v blastoporu otvor řitní a **otvor ústní se prolamuje druhotně** na protilehlém konci těla *(např. ostnokožci, strunatci).*

α řada: **PRVOÚSTÍ** *(Protostomia)*

Podle dokonalosti a vzniku tělní dutiny rozlišujeme tři typy tělních dutin:

- **Schizocoel** – nepravá tělní dutina vyplněná parenchymem, jehož skulinami prostupuje tělní míza *(ploštěnci, pásnice).*
- **Pseudocoel** – rovněž nepravá dutina tělní, která se vyvinula ze schizocoelu potlačením tělního parenchymu. V osové části těla tak vzniká dutina vyplněná mízou a u endoparazitů navíc i zplodinami anaerobního dýchání. Podélně touto dutinou probíhá trávicí trubice *(např. hlísti, hlavatci).*
- **Coelom** *(pravá dutina tělní)*



Schizocoelní tělní dutina **Pseudocoelní tělní dutina**
1 – ektoderm, 2 – tělní parenchym, 3 – entoderm,
4 – skuliny tělního parenchymu, 5 – pseudocoel

Coelomová tělní dutina
1 – ektoderm, 2 – buňky tělního parenchymu, 3 – entoderm,
4 – vnější vrstva mezodermu, 5 – vnitřní vrstva mezodermu,
6 – druhotná dutina tělní *(coelom)*

Živočichy s touto tělní organizací dále rozlišujeme na coelomové s tělem:

– **nečlánkovaným** *(např. kmen měkkýši)*;

– **článkovaným stejnocenně** *(homonomně)* *(např. kmen kroužkovci);*

– **článkovaným nestejnocenně** *(heteronomně)* *(např. členovci a všichni druhoústí).*

Prvoústí se schizocoelní tělní dutinou

Kmen: **PLOŠTĚNCI** *(Plathelminthes)*

Typickým znakem příslušníků tohoto kmene je **zploštění těla** z hřbetní a břišní strany *(dorzoventrálně).* Vnitřní **prostor** jejich **těla vyplňuje řídká parenchymatická tkáň**, omývaná tělními tekutinami, v níž jsou uloženy vnitřní orgány. Pro ploštěnce jsou typické vylučovací orgány **protonefridie**. Jejich základem jsou plaménkové buňky. Ploštěnci jsou téměř vždy hermafroditi s vývojem nepřímým, který u parazitických druhů probíhá ve složitých vývojových cyklech.

Rozlišujeme tři třídy ploštěnců: ploštěnky, motolice a tasemnice.

■ PLOŠTĚNKY *(Turbellaria)*

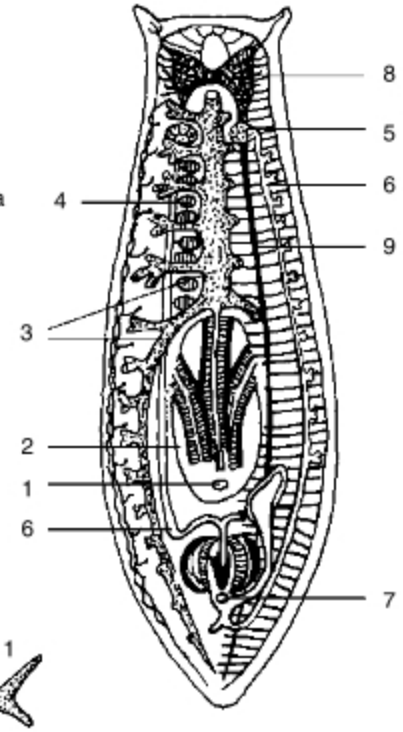
Život ploštěnek je vázán na vodu nebo vlhkou půdu. Mají protáhle zploštělé tělo o velikosti od několika desetin mm do několika cm.

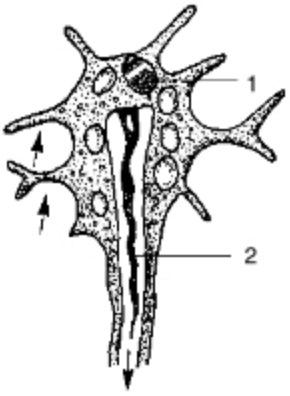
Na hřbetě přední části těla jsou uloženy hmatové buňky a nápadné párové oči. Jednovrstevná pokožka ploštěnek je zpravidla pigmentována. Pohyb ploštěnky je umožněn jednak **řasinkovým epitelem pokožky**, jednak okružně, podélně a příčně uspořádanými svaly jejího **podkožního svalového vaku**. Ploštěnky se živí **dravě**. **Vakovitá trávicí dutina** má slepá ramena, která jsou hlavním určovacím znakem ploštěnek. Začíná přibližně ve středu břišní části těla a kromě trávení plní současně i funkci rozvádění živin *(gastrovaskulární systém).*

Přijímací otvor slouží rovněž i k vyvrhování nestravitelných zbytků. Ploštěnky **dýchají celým povrchem** těla. U ploštěnek se setkáváme s vyvinutým vylučovacím ústrojím ***(protonefridie)***, tvořeným plaménkovými buňkami a vylučovacími kanálky.

Ve vodě rozpustné tělu škodlivé nebo nepotřebné látky pronikají do plaménkové buňky difuzí. V ní se nacházejí vířící brvy, které tuto tekutinu posunují do kanálků, ústících osmi páry otvorů na hřbetní straně. Nervová soustava ploštěnek má v přední části těla prstencovitě propojené nervové zauzliny, z nichž vedou nervy k čichovým lalokům a k miskovitým očím, a dále dva hřbetní a dva břišní postranní pruhy nervů, vedoucí do těla.

Schéma tělní stavby trojvětevné ploštěnky
1 – ústa
2 – hltanová dutina se třemi jícny
3 – větvené střevo
4 – pravostranná varlata
5 – vaječník
6 – vejcovod *(levý)*
7 – společný vývod
8 – nervová zauzlina
9 – podélné nervové pruhy





Plaménková buňka
1 – jádro
2 – plamének tvořený vlnícími se bičíky

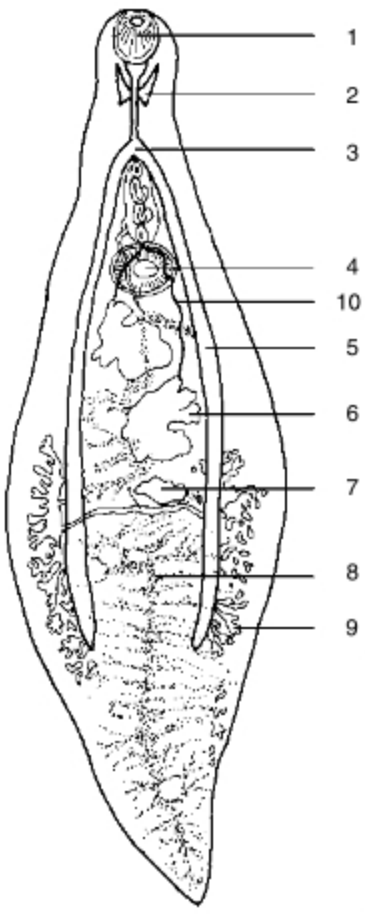
Šipky naznačují příjem a odvádění tělních škodlivých látek

Ploštěnky jsou zpravidla **hermafroditi**. Nakladená vajíčka vždy po několika kusech uzavírají do **kokonů**, které přilepují na kameny ve vodě. Sladkovodní druhy ploštěnek mají vývoj přímý, mořské druhy se vyvíjejí nepřímo. Ploštěnky mají mimořádně vyvinutou regenerační schopnost. Pod kameny v potocích a říčkách žije bílá **ploštěnka mléčná** *(Dendrocoelum lacteum).* Kopinatou přídí těla je nápadná **ploštěnka potoční** *(Dugesia gonocephala).* Větší počet očí na hlavě má černě pigmentovaná **ploštěnka černá** *(Polycelis nigra).*

■ MOTOLICE *(Trematoda)*

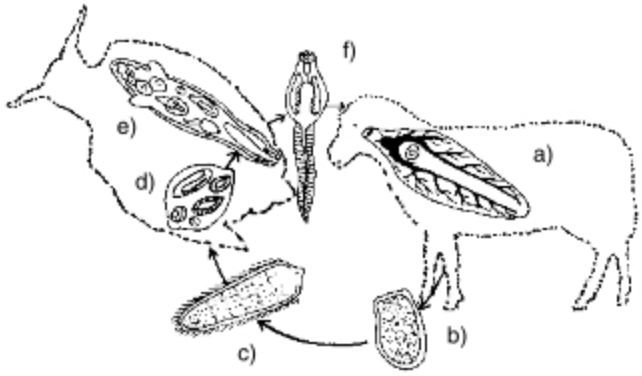
Motolice jsou **cizopasní ploštěnci nečlánkovaného těla**. Dospělci zpravidla **parazitují na obratlovcích**, jejich **vývojová stadia na bezobratlých**. Často **střídají hostitele a mají složité vývojové cykly**. Parazitický způsob života vedl k **potlačení některých jejich orgánů** *(např. smyslového a pohybového ústrojí)* a naopak **k vytvoření ochranných ústrojí** *(např. kutikula, přísavky)* **a vysoce výkonného pohlavního ústrojí**.

Motolice jsou tvarově velmi rozmanité. Značný hospodářský význam má **motolice jaterní** *(Fasciola hepatica).* Cizopasí ve žlučových kanálcích ovcí pasených na podmáčených loukách. Její tělo je protáhle lupenovité, ke koncům sbíhavé. V přední části má na břišní straně **dvě přísavky** *(uprostřed přední je ústní otvor)*. **Jednovrstevná pokožka** motolice vylučuje **kutikulu**, chránící ji před účinkem trávicích šťáv hostitele. Za ústní přísavkou je svalnatý hltan, jímž motolice nasává živiny z těla hostitele. Pokračuje jícnem, který se větví a nakonec člení na hustou gastrovaskulární síť. Vylučovací funkci plní **protonefridie**. Motolice jaterní **dýchá anaerobně** *(ektoparazitické motolice dýchají celým povrchem těla).* V důsledku parazitického způsobu života mají motolice oproti ploštěnkám značně zjednodušenou nervovou soustavu.



Motolice kopinatá
1 – ústní přísavka
2 – mozková zauzlina
3 – větvící se ramena trávicí soustavy
4 – břišní přísavka
5 – větev trávicí dutiny
6 – varle
7 – vaječník
8–10 – pohlavní ústrojí

Téměř celé **tělo motolice vyplňují pohlavní ústroje**. Varlata jsou párová, vaječník bývá nepárový. Motolice jsou zpravidla **proterandričtí hermafroditi**. Spermie jim dozrávají dříve. Z toho vyplývá, že vajíčka motolice nemohou být oplozena vlastními spermiemi. Oplozená vajíčka motolice jaterní jsou vyplavována žlučovody a s výkaly opouštějí tělo. Pokud se dostanou do vody, mění se v obrvenou pohyblivou larvu **miracidium**, která musí během 24 hodin proniknout do plášťové dutiny plže **bahnatky malé** *(Galba truncatula).* V jejím hepatopankreatu se mění ve vakovitou **sporocystu**. Rýhováním uvnitř sporocysty vzniká protáhle vakovitá larva **redie**, uvnitř které se tvoří pohyblivé larvy s přísavkami **cerkárie**. Ta opouští tělo mezihostitele, volně se pohybuje a zapouzdří se na zatopené trávě. Po opadnutí vody jsou cerkárie spásány s trávou hostiteli *(např. ovcemi).* V žaludku hostitele cysta praská a larva proniká do jater, kde dospívá v motolici. Celý cyklus se pak může opakovat. Malá pravděpodobnost dokončení cyklu, který je podmíněn několika činiteli *(pastva na periodicky zaplavovaných lukách, přítomnost mezihostitele, konečný hostitel v době ukončení vývojového cyklu),* vysvětluje obrovskou plodnost motolice a nadprodukci potomstva.

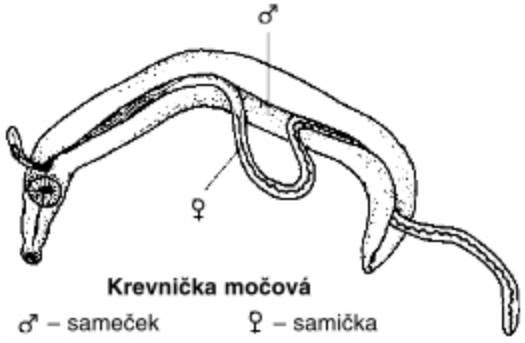


Vývojový cyklus motolice jaterní
a) motolice v těle ovce, b) vajíčko, c) miracidium, d) sporocysta, e) redie v těle bahnatky malé, f) cerkárie

Motolice jaterní způsobuje těžké trávicí poruchy, úhyn, příp. minimální užitkovost napadených zvířat. Může být přenesena i na člověka *(zlozvyk kousání stébel trav).*

Mimořádně nebezpečným parazitem v oblastech, v nichž se pěstuje rýže, je **krevnička močová** *(Schistosoma haematobium).* Způsobuje nemoc **billharziózu**, projevující se těžkými záněty močového měchýře. Hrotitá vajíčka, kladená samičkami, protrhávají stěnu kapilár močového měchýře, způsobu-

jí krvácení močových cest a sekundární infekci. Je zajímavé, že na rozdíl od většiny motolic je odděleného pohlaví a sameček permanentně přidržuje samičku ve své břišní rýze a průběžně ji oplodňuje.



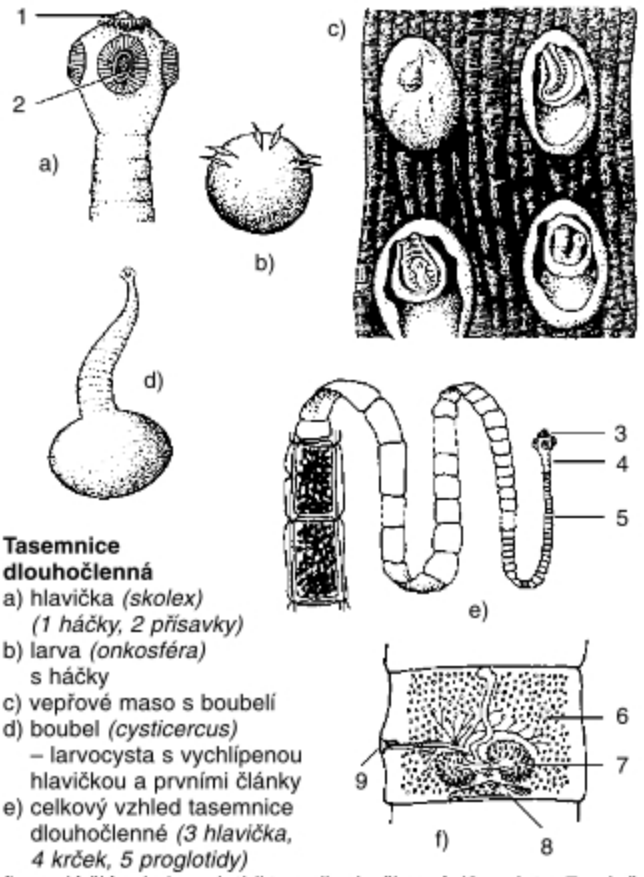
Krevnička močová
♂ – sameček ♀ – samička

■ TASEMNICE *(Cestoda)*

Tasemnice jsou živočichové zcela přizpůsobení životu uvnitř těla hostitele. **V dospělosti žijí ve střevech** obratlovců. Jejich larva – **onkosféra** se dostává do krevního oběhu a s ním do svalů, kde se přeměňuje v klidové stadium *(larvocystu)*, zvané **boubel**. Některé druhy se mohou usazovat *(encystovat)* v játrech či mozku obratlovců nebo i v těle korýšů. Plnohodnotný jedinec je v podstatě tvořen již pouhou hlavičkou ***(skolex)*** velikosti špendlíkové hlavičky. Její horní zúžený konec má věnec příchytných háčků ***(rostelum)***, který je určovacím znakem jednotlivých druhů tasemnic. Za věncem háčků jsou kruhovité přísavky nebo přísavné rýhy. Za krčkem následují ploché články ***(proglotidy)***, které se postupně rozšiřují a prodlužují *(srv. se strobilací medúzovců)*. Tělo tasemnice může dosáhnout délky i několika metrů. Jednovrstevná pokožka vylučuje **kutikulu**, chránící před trávicími šťávami hostitele. Pod pokožkou je **redukovaný podkožní svalový vak**, jehož činností se může pohybovat jak tasemnice, tak její jednotlivé články. Zralé články se na konci těla odtrhují a s výkaly opouštějí tělo hostitele. Tasemnice **má anaerobní metabolismus**. Trávicí dutina tasemnici zcela chybí, **živiny přijímá vstřebáváním** celým povrchem těla. Vylučování se děje **protonefridiemi**. Po stranách těla prostupují podélné nervové pruhy. Tasemnice jsou **proterandričtí hermafroditi**. Poslední články těla jsou výhradně vyplněny oplozenými vajíčky.

Tasemnice dlouhočlenná *(Taenia solium)* žije v dospělosti v tenkém střevě člověka.

Při dříve obvyklém způsobu chovu prasat byla běžná. Po pozření proglotidu prasetem se vylíhne larva **onkosféra**, která je krevním oběhem zanesena do svalu, kde se tvoří bělavé váčky – **boubele**. Při nedokonalé tepelné úpravě vepřového masa se boubele dostanou do žaludku člověka, vychlípí skolex a po uchycení se ve sliznici tenkého střeva začnou vytvářet jednotlivé články s vajíčky. V souvislosti s přechodem na velkochovy prasat tento ještě před několika desítkami let rozšířený druh se téměř nevyskytuje.



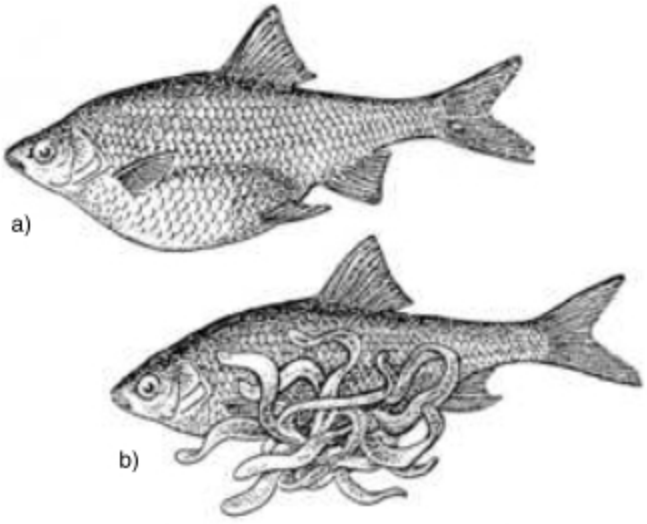
Tasemnice dlouhočlenná
a) hlavička *(skolex)* *(1 háčky, 2 přísavky)*
b) larva *(onkosféra)* s háčky
c) vepřové maso s boubelí
d) boubel *(cysticercus)* – larvocysta s vychlípenou hlavičkou a prvními články
e) celkový vzhled tasemnice dlouhočlenné *(3 hlavička, 4 krček, 5 proglotidy)*
f) zralý článek *(proglotid)* tas. dlouhočlenné *(6 varlata, 7 vaječníky, 8 žloutkové trsy a společný vývod pohlavního ústrojí)*

Tasemnice bezbranná *(Taeniarhynchus saginatus)*, její hlavička není opatřena háčky, mívá až 2000 článků a dosahuje délky i 10 m. V dospělosti žije v tenkém střevě člověka. Její boubel *(cysticercus bovis)* nemá rostelum. Do člověka se dostává při konzumaci syrového hovězího masa *(např. tatarských bifteků)* z dobytka, který se pase na lukách hnojených např. fekáliemi ze septiků nebo z kanalizace.

Nesmírně nebezpečným parazitem člověka je tasemnice **měchožil zhoubný** *(Echinococcus granulosus)*. Její tělo dosahuje sotva 6 mm a je tvořeno pouze čtyřmi články. V dospělosti žije ve střevě šelem. Jeho mezihostitelem je srnčí zvěř, ovce, kozy, skot, příp. i člověk. Onkosféra měchožila se usazuje v játrech nebo v plicích, kde vytváří boubel *(echinokok)* až o velikosti kedlubnu. V něm vzniká obrovské množství skolexů.

Obyvatelstvo živící se rybolovem v Pobaltí, Kanadě a Japonsku bývá napadeno **škulovcem širokým** *(Diphyllobothrium latum)*. Jeho tělo má až 4000 článků a přesahuje délku 10 m. Skolex škulovce má přísavné rýhy *(botridie)*. Larvální vývoj škulovce má tři vývojová stadia *(v buchance, v rybě a v konečném hostiteli)*. Konečným hostitelem dospělců je konzument ryb *(tuleň, pes, vlk, člověk)*.

Řemenatka ptačí *(Ligula intestinalis)* parazituje hojně ve střevech racků a volavek. Mezihostiteli jsou buchanky a ryby. Napadené ryby mívají zmnožený-mi řemenatkami doslova deformované břicho.



Ryby napadené řemenatkou ptačí
V pokročilejším stadiu napadení dojde k protržení tělní stěny infikované ryby

Závěr:

Ploštěnci vznikli z plazivých bentických *žebernatek. Ploštěnky* jsou výchozím typem pro *motolice* a *tasemnice*, které se z nich vyvinuly adaptací k parazitickému způsobu života. Výrazně zasahují do hospodářské činnosti člověka a mají význam ve veterinární a humánní medicíně. Ploštěnci, vířníci, kroužkovci a měkkýši jsou příslušníky vývojové větve Lophotrochozoa (*larva mořských druhů* **trochofora** *se pohybuje brvami*).

Kmen: **PÁSNICE** *(Nemertini)*

Pásnice jsou draví vodní živočichové, podobní ploštěnkám. Mají však již nové **progresivní znaky**. *(nejnověji jsou řazeny mezi primitivní coelomové živočichy).* Tělo pásnic je nečlánkované, mírně shora zploštělé a má zřetelnou hlavovou část. Pod jednovrstevnou pokožkou, krytou řasinkovým epitelem, je podkožní svalový vak. **Trávicí trubice prostupuje celým tělem** *(má tedy otvor ústní a samostatný otvor řitní).* Cévní soustava je uzavřená; dýchá celým povrchem těla. Pásnice dýchají celým povrchem těla. Vylučují **protonefridiemi**, obalujícími stěny cév. Nervová soustava pásnic je gangliová. Mořské druhy pásnic jsou gonochoristé, sladkovodní druhy jsou hermafroditi. **Oplození** pásnic je **vnější**, **vývoj nepřímý** *(obrvená larva* **pilidium**). Údajně nejdelším bezobratlým živočichem vůbec *(až 30 m)* je pásnice **pásmovka veliká** *(Linneus longissimus).* Ve Vltavě žije jediná naše pásnice **pásemnička sladkovodní** *(Prostoma graecense).*

Pásnice rodu *Drepanophorus sp.*

Prvoústí s pseudocoelní tělní dutinou

Kmen: **VÍŘNÍCI** *(Rotatoria)*

Vířníci *(Rotatoria)* jsou součástí zooplanktonu jezer a rybníků. Můžeme je získat z nálevů, v nichž se vyskytují společně s trepkami. Na jejich těle rozlišujeme **část hlavovou** *(se smyslovými tykadly, pohárovýma očima a dvěma věnci brv)*, vakovitě **rozšířenou část tělovou**, krytou kutikulárním krunýřem, a na povrchu hustě příčně pruhovanou **nohu** s lepivými žlázkami. Vířníci se po většinu roku **množí partenogeneticky** *(vyskytují se totiž pouze samičky kladoucí neoplozená vajíčka, ze kterých bez účasti samečků se líhnou opět pouze samičky).* Teprve na podzim se objevují samečkové. Zimu přežívají pouze oplozená vajíčka. Ve vodních nádržích je běžným vířníkem **krunýřenka obecná** *(Brachionus urceus).*

Vířník
Krunýřenka obecná

Kmen: **HLÍSTICE** (*Nematoda*)

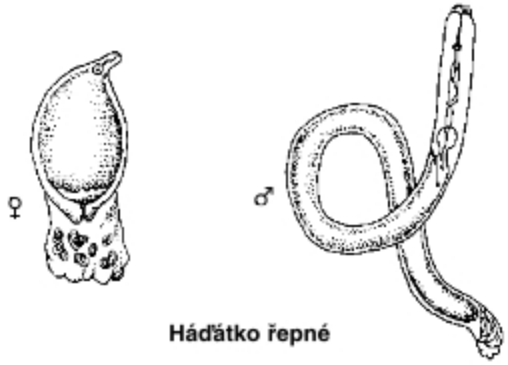
Hlístice jsou evolučně mimořádně úspěšný, druhově bohatý živočišný kmen. Strategie přežití jeho příslušníků je založena na vytváření kutikuly (*vedle dalších kmenů vývojové větve* Ekdysozoa, *včetně členovců*) a pokud mají vytvořeny brvy, nepoužívají je k pohybu. Periodické svlékání kutikuly (ekdyze), která jim umožňuje parazitický způsob života, je řízeno hormonálně. Mají nepravou dutinu tělní **pseudocoel**, jímž **prostupuje trávicí trubice** ústním a řitním otvorem. Pseudocoelní dutinu vyplňuje míza a zplodiny anaerobního dýchání. Nemají soustavu dýchací, ani soustavu cévní. Jsou to gonochoristé, žijící ve vodním prostředí, ve vlhké půdě, nebo paraziticky.

Nejprobádanější hlístice jsou endoparazité živočichů včetně člověka. Způsobují někdy velmi vážná onemocnění epidemického charakteru. Ústa hlístic jsou zpravidla vybavena **kutikulárními zuby**, jimiž aktivně narušují tkáně hostitele. Za ústním otvorem

mají **hltan**, umožňující nasávání živin. Pro hlístice typická **pružnost** a současně **pevnost** jejich těla je umožněna součinností tuhé kutikuly a vnitřního napětí tělních tekutin v pseudocoelní dutině. Škodlivé rozpustné látky hlístice vylučují **jednobuněčnými vylučovacími trubicemi**, uloženými v bočních vyztuženinách těla. Jednovrstevná pokožka hlístic vytváří soubuní *(syncytium)*, vylučující na povrch těla **kutikulu**.

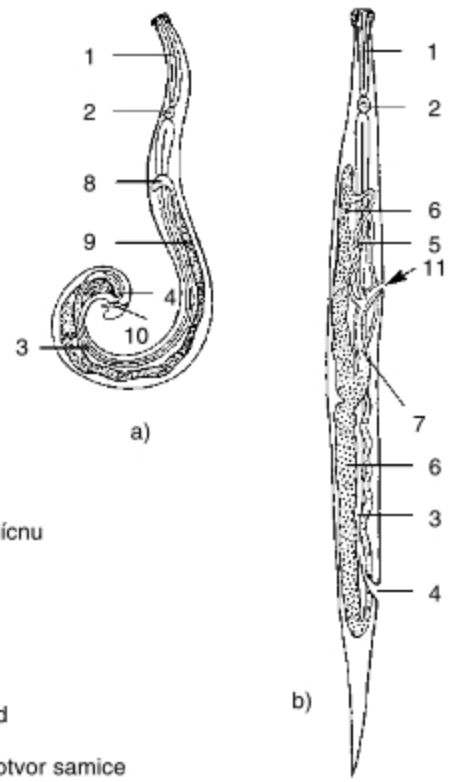
Hlístice jsou **gonochoristé** s nápadným **pohlavním dimorfismem**. Samečkové jsou drobnější. Při vyústění samčího pohlavního ústrojí mají dvě štětinky *(spikuly)*, sloužící při páření k aktivnímu rozevírání pohlavního otvoru samičky. Samičí pohlavní orgány jsou párové. S parazitickým způsobem života souvisí i jejich značná **nadprodukce vajíček**, která snadno ulpívají na okolních předmětech, jsou mimořádně lehká *(mohou být unášena i průvanem)* i **značně odolná** vůči vyschnutí, mrazu a chemikáliím. Svou životnost si uchovávají po řadu let. Typickým představitelem hlístic je **škrkavka dětská** *(Ascaris lumbricoides)*. Cizopasí v tenkém střevě člověka, jehož poškozuje fyziologicky *(ochuzováním o živiny a intoxikací vlastními metabolity)* i mechanicky *(narušováním cévní kapilární sítě, ucpáváním střev až jejich proděravěním – perforací)*. Klinickým příznakem nakažení škrkavkami, nemoci zvané **ascaridóza**, je nechutenství, zvracení, bolesti hlavy. Nákaza je rozšířena zejména mezi dětmi. Oplozená vajíčka škrkavek opouštějí s výkaly tělo. Pro rýhování vajíček škrkavky je nutný přístup kyslíku. Vajíčko je tedy schopné infekce teprve po určité době pobytu mimo tělo hostitele. Teprve poté v případě infekce dalšího hostitele se z nich vyvíjejí mikroskopické larvy. Ty prolezou stěnou tenkého střeva a krví jsou pasivně zanášeny do jater a posléze do plic, kde dráždí ke kašli. Po opětném polknutí s hlenem se usazují v tenkém střevě, kde dospívají.

Z volně žijících hlístic jsou významnými parazity hospodářských rostlin mikroskopická **háďátka** *(Rhabditoidea)*. Např. kořenový systém řepy narušuje **háďátko řepné** *(Heterodera schachtii)*. **Háďátko pšeničné** *(Anguina tritici)* parazituje v paždí listů a v klasech pšenice.



Háďátko řepné

Roup dětský *(Enterobius vermicularis)* žije v dospělosti v tlustém střevě a konečníku dětí, případně dospělých, zejména pokud je složkou jejich potravy mléko. Onemocnění **oxyurióza** se projevuje značnou podrážděností až vyčerpáním, úporným svěděním a kopřivkami. Oplozené samičky roupa kladou zpravidla v noci vajíčka do záhybů kůže v okolí řitního otvoru. Jediná samička jich naklade až 10 000 kusů. Vajíčka se mohou šířit větrem, mouchami, ale zejména nečistým osobním a ložním prádlem. U dětí je velmi častá **autoinfekce**. Rozhodující význam má však důsledné **dodržování** tělesné **hygieny** zejména v dětských kolektivních zařízeních.



Roup dětský
a) sameček
b) samička

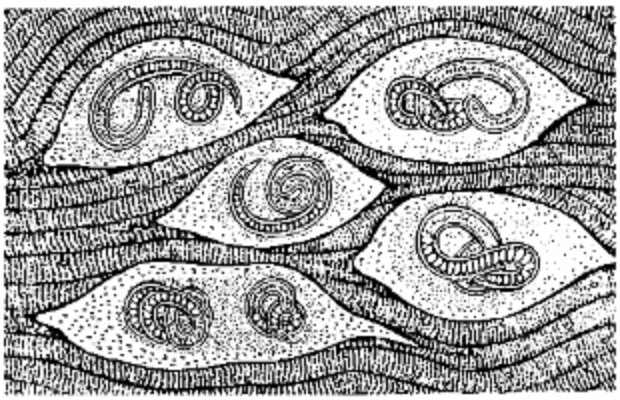
1 – hltan
2 – rozšíření jícnu
3 – střevo
4 – řiť
5 – vaječník
6 – děloha
7 – pochva
8 – varle
9 – chámovod
10 – spikuly
11 – pohlavní otvor samice

Bodavým hmyzem jsou v oblastech mezi obratníky přenášeny larvy *(mikrofilárie)* vlasovců, např. **vlasovce mízního** *(Wuchereria bancrofti)*, které ucpávají mízní cévy hostitele. Městnající se lymfa způsobuje zbytnění postižených částí těla *(např. ruka)*, provázené horečkami a následnými zimnicemi *(elefantióza)*. Ve spojivkovém vaku žije jiný druh – **vlasovec oční** *(Loa loa)*. Způsobuje oční záněty a nádory kůže *(tzv. kamerunské boule)*.

a) **Vlasovec loa loa v oku člověka**
b) **Sloní nemoc** *(elephantiasis)* způsobená ucpáním mízních cév vlasovcem mízním

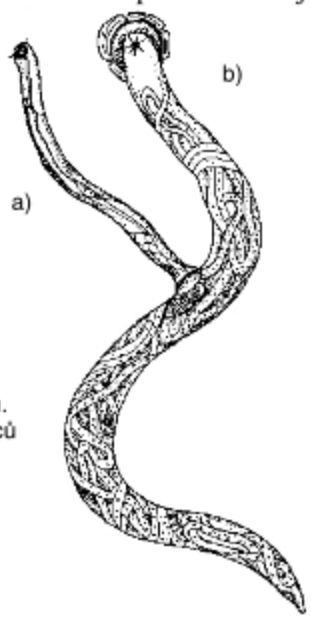
Mimořádně nebezpečným parazitem je **svalovec stočený** *(Trichinella spiralis)*, který se vyskytuje např. ve svalstvu potkanů. Z původního hostitele se může dostat do divokých i domácích prasat *(jsou to všežravci)* nebo šelem. Člověk se nakazí **trichinelózou** požitím nakaženého vepřového masa.

Larvy rozrušují svalová vlákna a ve vzniklém váčku se opouzdřují v obalu z vápenatých solí. Trichinelóza má dvě fáze: **střevní** *(vysoké horečky, bolesti břicha, zvracení, ekzémy, kloubové bolesti, velká žízeň, otoky: tato fáze je ještě léčitelná)* a **svalovou** *(řezavé bolesti svalstva)*. Podle intenzity nákazy je až čtvrtina případů smrtelná.



Larvy svalovce stočeného zapouzdřeného ve svalech

V průduškách kurovitých ptáků *(bažantů, přenosná na slepice)* je **srostlice trvalá** *(Syngamus trachea)*. Postižení ptáci „frkají“, přičemž s hlenem plným vajíček srostlice šíří nákazu po okolí. Její příbuzný druh parazituje v horních dýchacích cestách srnčí zvěře a je příčinou nemoci zvané **strongylóza**.



Srostlice trvalá z hrtanu ptáků
Drobný sameček a) se přichytí a přirůstá k tělu samičky b) v místě jejího pohlavního otvoru. Tenkou tělní stěnou obou jedinců prosvítají pohlavní ústroje.

Závěr:

Z pseudocoelních organismů jsou vířníci přechodným evolučním typem mezi volně žijícími ploštěnkami *(jež připomínají věnci pohybových brv)* a vlastními hlísticemi, s nimiž mají příbuznou vnitřní tělesnou stavbu *(pseudocoel, rovná trávicí trubice, gonochorismus, pohlavní dimorfismus)*. Většina druhů hlístic je specializovaná k parazitickému způsobu života. Počty jedinců jednotlivých druhů dosahují ve vhodném prostředí až astronomických hodnot.

Prvoústí coelomoví, nečlánkovaní *(Anarticulata)*

Mají vyvinutu pravou dutinu tělní – coelom. Nečlánkované tělo *(Anarticulata)* svědčí o jejich starobylosti. Řadíme je do živočišného kmene **měkkýši** *(Mollusca)*.

Usazeniny lastur a ulit **třetihorních měkkýšů**

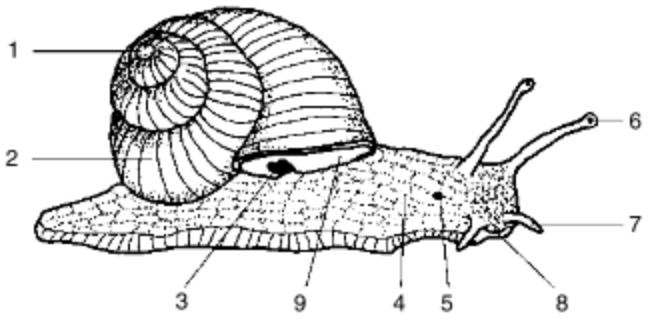
Kmen: **MĚKKÝŠI** *(Mollusca)*

Mají měkké, **nečlánkované tělo bez končetin**. Orgánem pohybu je **noha**, tvořená mohutně rozvinutým svalstvem břišní strany těla. Vnitřní orgány jsou svalovinou nohy zatlačeny do **útrobního vaku**. Hřbetní strana vybíhá v postranní kožní záhyby *(plášť)*, které vylučují skořápku.

Celkem je známo asi 50 000 žijících a 35 000 fosilních druhů měkkýšů. Některé jsou využívány jako potravina *(např. ústřice, slávky, svalovina nohy hlemýžďů)*. Jiné druhy slouží k výrobě perleťových knoflíků a k intarziím při výrobě uměleckého nábytku. Z lasturek vyplavených mořským příbojem se zhotovují suvenýry. Sépiové kosti jsou doplňkem výživy v zajetí chovaného exotického ptactva. V monokulturách listové zeleniny, na plodech jahod a na houbách mohou škodit např. slimáci. Mnoho druhů měkkýšů bývá mezihostitelem cizopasných ploštěnců. Larvy **škeble rybničné** *(glochidie)* parazitují sáním krve na žaberních lupínčích ryb. **Šášeň lodní** zavrtáváním se do dřeva narušuje dřevěné lodní konstrukce. Měkkýše můžeme velmi zjednodušeně roztřídit na **paplže**, **přílipkovce**, **kelnatky**, **plže**, **mlže** a **hlavonožce**. Se zástupci tří posledně jmenovaných tříd se můžeme setkat nejčastěji.

■ PLŽI *(Gastropoda)*

Pro všechny plže je typická **zřetelně vytvořená hlava**. Nepárový plášť vylučuje rovněž nepárovou, obvykle vinutou **ulitu**. Jejich tělo je kryto jednovrstevným řasinkovým epitelem s množstvím hlenových žlázek. **Hlemýžď zahradní** *(Helix pomatia)* vyhledává vlhká a teplá stanoviště. Hojný je zejména v oblastech s vápencovým podkladem.

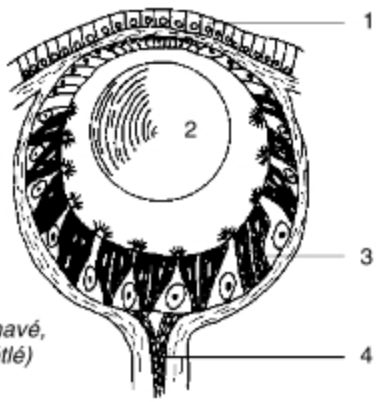


Hlemýžď zahradní
1 – vrchol ulity, 2 – závit ulity, 3 – dýchací otvor, 4 – svalnatá noha, 5 – vyústění pohlavních orgánů, 6 – dlouhá tykadla s očima, 7 – krátká přiústní tykadla, 8 – ústa, 9 – okraj plášťové dutiny

Na hlemýždi je nápadná široká, silnostěnná, vždy pravotočivá ulita, která je žlutohnědá, s tmavšími podélnými pruhy. Jemné rýžky jsou dokladem postupného růstu jedince. Ulita poskytuje mechanickou ochranu měkkému tělu. Nevýhodou je, že hlemýždě omezuje v pohybu.

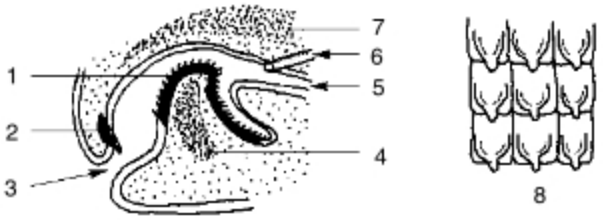
Řez ulitou plže
1 apex
2 columella
3 obústí
4 píštěl

Za nepříznivých podmínek může živočich otvor do ulity uzavřít dočasným víčkem ze ztuhlého sekretu. Další nápadnou součástí hlemýždího těla je **svalnatá noha**. Umožňuje hlemýždi pohyb. Mohutní, příp. tuhne zvýšeným přítokem hemolymfy, vháněné srdcem do mezibuněčných dutinek. Při odtoku hemolymfy naopak měkne a zmenšuje se. V hlavě a dvou párech tykadel je koncentrována nervová tkáň se smyslovými ústroji. Na vrcholu druhého páru tykadel má hlemýžď velmi dokonalé **teleskopické oči**.



Průřez okem hlemýždě
1 – rohovka
2 – čočka
3 – sítnice
(pigmentové buňky tmavé, světločivné buňky světlé)
4 – zrakový nerv

V dutině ústní je pilníkovitý orgán chitinová **radula**, jímž hlemýžď strouhá svoji potravu na drobná sousta. Do ústní dutiny ústí **slinné žlázy**.



Podélný řez ústní dutinou hlemýždě
1 – radula, 2 – čelist, 3 – ústní otvor, 4 – opěrná tkáň raduly, 5 – začátek jícnu, 6 – vyústění slinné žlázy, 7 – opěrná tkáň stropu ústní dutiny, 8 – silně zvětšená část raduly

Trávicí soustava pokračuje jícnem do žaludku a střeva. Střevo hlemýždě opisuje uvnitř útrobního vaku tvar ulity, stáčí se a vpravo za hlavou vyúsťuje do plášťové dutiny. Do žaludku ústí **slinivkojaterní** trávicí **žláza** *(hepatopankreas)*, která výrazně zdokonaluje trávení plžů.

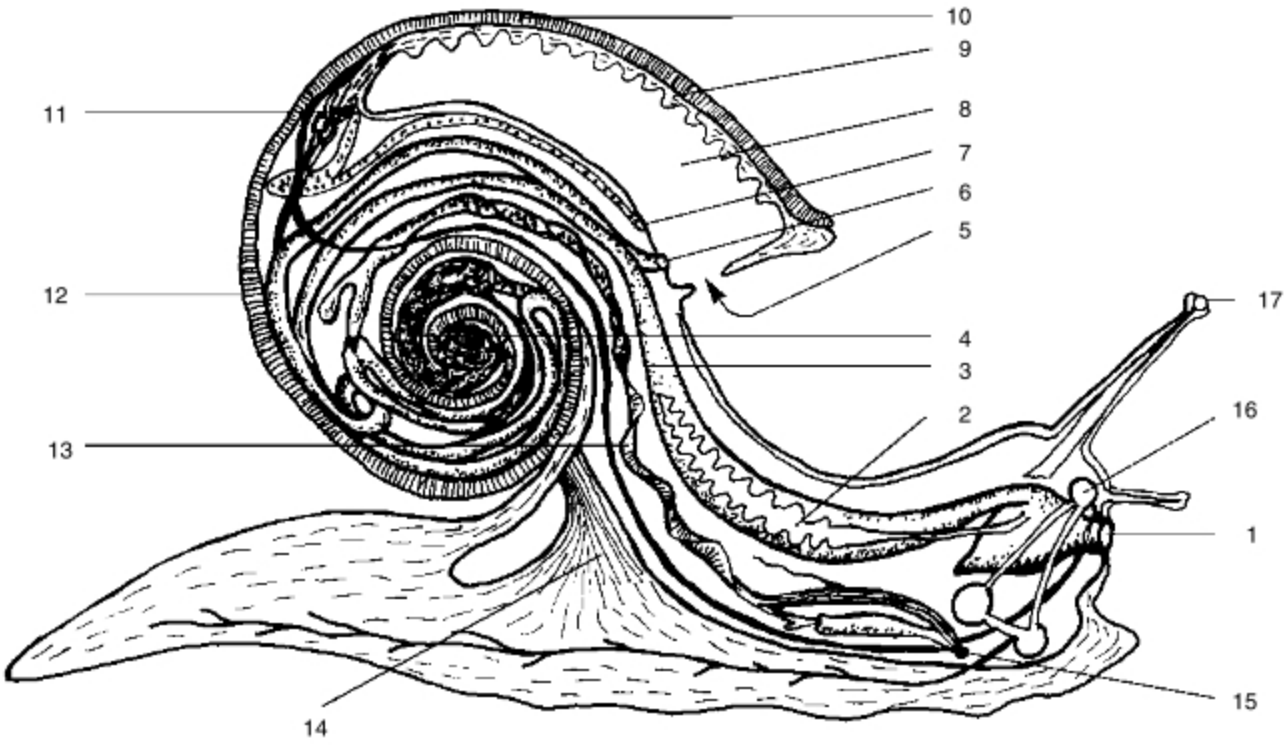
Hlemýžď zahradní **dýchá plicním vakem**, což je v podstatě zřasená a prokrvená část **plášťové dutiny**. Ta se otvírá ven na pravé straně těla pod okrajem ulity. *(Evolučně původním dýchacím ústrojím všech druhů měkkýšů jsou žábry – ctenidia. Plicní vaky je nahradily až druhotně, jako přizpůsobení suchozemskému způsobu života).*

Vylučovacím orgánem hlemýždě je nepárová **metanefridie**, otevírající se do dutiny osrdečníku.

Otevřená cévní soustava hlemýždě má **srdce** uložené v osrdečníku. **Osrdečník** je zbytek potlačené druhotné dutiny tělní *(coelomu)*. Nachází se v nejvyšším závitu útrobního vaku. Srdce je tvořeno příčně žíhanou svalovinou *(na rozdíl od ostatní tělní svaloviny, která je hladká)*. Má jednu komoru a jednu předsíň. Vhání krev od plicního vaku do cév, z nichž se volně rozlévá mezi tkáně *(hemolymfa)*. Krevním barvivem je u hlemýždě namodralý **haemocyanin** obsahující měď, který je **rozpuštěn v krevní plazmě** *(oxidační proces v těle měkkýšů tedy není vázán na krevní tělíska)*.

Nervovou soustavu hlemýždě tvoří 5 párů vzájemně propojených ganglií. Z nich vedou výběžky inervující **smyslové orgány** a příslušné části těla. Ze smyslových ústrojů jsou **hmatové buňky** soustředěny na tykadlech, **čichové receptory** *(osfradia)* a relativně velmi dokonalá **miskovitá očka**, umístěná teleskopicky na vrcholu delšího páru tykadel.

Hlemýždi jsou **hermafroditi s vývojem přímým**. Po vzájemné výměně spermií, které ukládají do **zásobního váčku**, dochází po čase k oplození vajíček uloženými spermiemi druhého jedince. Oplozená vajíčka o velikosti drobného hrášku, obalená výměšky **skořápečné žlázy**, kladou hlemýždi do jamky, vytvořené nohou v půdě, příp. v tlejícím listí. Protože mají **přímý vývoj**, líhnou se z nich malí hlemýždi, vzhledově podobní dospělým.

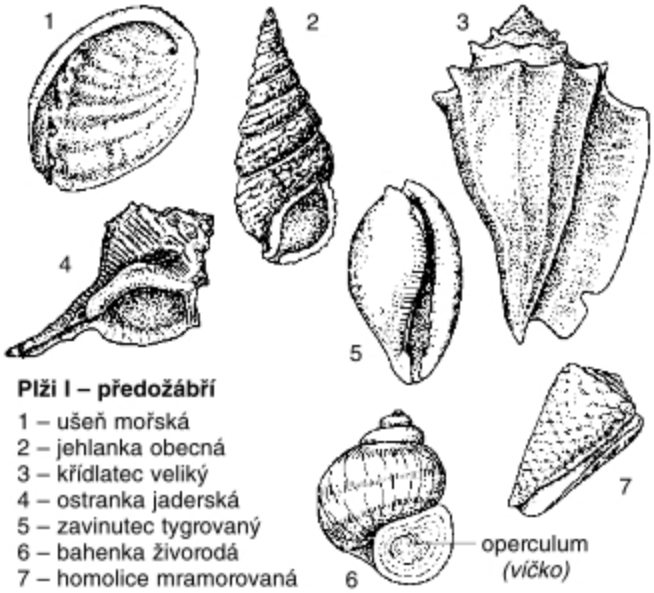


Podélný řez tělem hlemýždě
1 – ústa s radulou, 2 – slinná žláza, 3 – žaludek, 4 – játra, 5 – otvor do plášťové dutiny, 6 – řitní otvor, 7 – vylučovací vývod, 8 – plášťová dutina, 9 – plášť, 10 – stěna ulity, 11 – srdce uložené v osrdečníku, 12 – střevo, 13 – pohlavní žláza, 14 – zatahovač nohy, 15 – pohlavní otvor, 16 – nervová soustava, 17 – oko

Asi 33 000 známých druhů plžů dělíme na **předožábré**, **zadožábré** a **plicnaté**.

☐ **Předožábří** *(Prosobranchiata)*

Ve Středozemním moři žijí druhy s nádhernými ulitami, např. mramorovaná **homolice středomořská** *(Conus mediterraneus)*. Nápadně ostnitou ulitu má **ostranka jaderská** *(Murex brandaris)*. **Zavinutec tygrovaný** *(Cypraea tigris)* má ulitu na povrchu skvrnitou. V našich stojatých vodách je běžná **bahenka živorodá** *(Viviparus viviparus)*.



Plži I – předožábří
1 – ušeň mořská
2 – jehlanka obecná
3 – křídlatec veliký
4 – ostranka jaderská
5 – zavinutec tygrovaný
6 – bahenka živorodá
7 – homolice mramorovaná

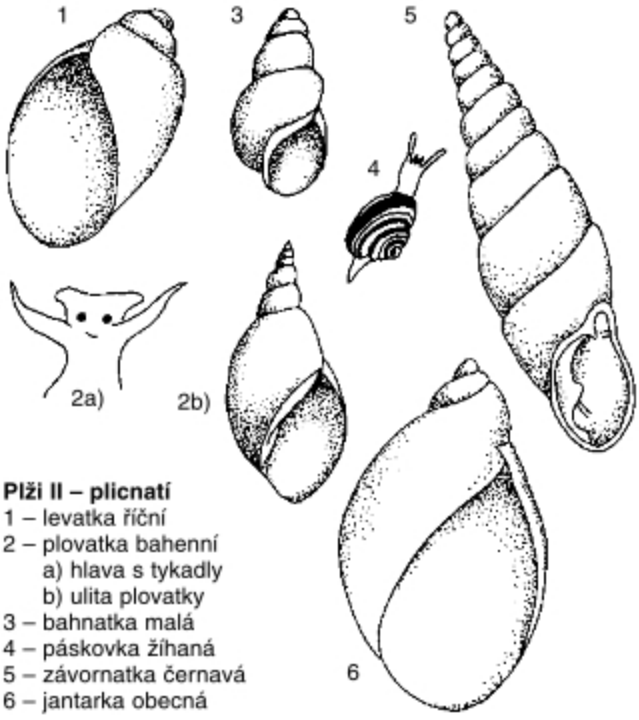
☐ **Zadožábří** *(Opisthobranchiata)*

Mají zakrnělou skořápku a širokou ploutvovitou nohu, oči při bázi 2. páru tykadel. Příkladem je nápadný druh fauny Středozemního moře **zej obecný** *(Aplysia depilans)*, zvaný pro svůj hopsavý pohyb ve vodě „mořský zajíc“.

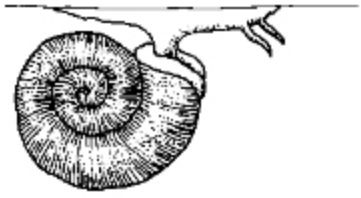
☐ **Plicnatí** *(Pulmonata)*

Drobnější sladkovodní a suchozemské druhy se spirálovitě vinutou, příp. zakrnělou ulitou. Hermafroditi s vývojem přímým. Sladkovodní druhy se druhotně přizpůsobily vodnímu prostředí. Nadmutá ulita **plovatky bahenní** *(Lymnaea stagnalis)* je pravotočivá a zašpičatělá. Na vodních rostlinách při březích žije drobný druh **bahnatka malá** *(Galba truncatula)*, známá jako mezihostitel vývojových stadií motolice jaterní. Silnostěnnou a v jediné rovině vinutou skořápku má **okružák ploský** *(Planorbis corneus)*. Pozemní druhy, např. **hlemýžď zahradní** *(Helix pomatia)*, podélně hnědě nebo černě páskované druhy křovinatých porostů na vápencovém podkladu, např. **páskovka žíhaná** *(Cepaea vindobonensis)*, žlutou průsvitnou ulitu má **jantarka obecná** *(Succinea putris)*, na vápencových skalách, nebo i na zdivu zřícenin postavených z vápencových kamenů žije **závornatka drsná** *(Clausilia dubia)*.

Zakrnělá skořápka plzáků a slimáků má podobu štítku na hřbetní straně přídi těla.

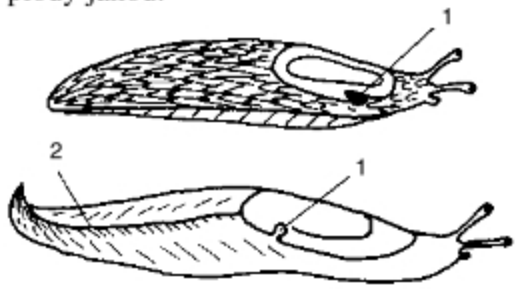


Plži II – plicnatí
1 – levatka říční
2 – plovatka bahenní
a) hlava s tykadly
b) ulita plovatky
3 – bahnatka malá
4 – páskovka žíhaná
5 – závornatka černavá
6 – jantarka obecná



Okružák ploský
pohybující se zespodu povrchové blanky vodní hladiny

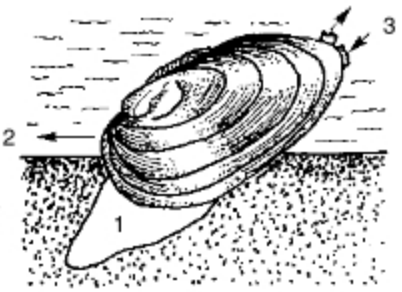
Plzáci mají hřbet nohy bez kýlu a dýchací otvor vpředu, např. **plzák lesní** *(Arion empiricorum)*. **Slimáci** mají hřbet nohy kýlnatý a dýchací otvor v zadní polovině štítu; např. **slimák popelavý** *(Limax cinereoniger)*, s podélným světlejším pruhem na chodidle nohy, citronově zbarvený **slimák žlutý** *(Limax tennellus)*, běžně ožírající plodnice hub, nebo **slimáček polní** *(Deroceras agreste)*, poškozující plody jahod.



Plzák lesní a slimák popelavý
1 dýchací otvor, 2 hřbetní kýl

■ MLŽI *(Bivalvia)*

Mlži jsou v naší fauně zastoupeni druhem **škeble rybničná** *(Anodonta cygnea)*, která žije zahrabaná na dně stojatých a mírně tekoucích vod. Tělo má **ze stran zploštělé**, **bez zřetelné hlavy**. Je kryto dvouchlopňovým pláštěm, vylučujícím **dvě** miskovité **lastury** shodné velikostí i tvarem. Lastury mají obdobné složení jako ulita plžů. Na povrchu lastury vidíme soustředné vrstevnice, které jsou dokladem růstu živočicha. Ve hřbetní části jsou spojeny pevným vazem, který umožňuje rozevření, příp. semknutí lastur. Mlži **nemají zřetelnou hlavu**. U škeble rybničné považujeme širší část jejího těla za **oddíl hlavový**, užší část těla tvoří **záď**. Na užším konci těla jsou dva otvory: spodní **otvor přijímací**, jímž je okysličená voda s mikroskopickou potravou nasávána do plášťové dutiny a horní **otvor vyvrhovací**, který odvádí vodu a nestrávené zbytky z kloakálního prostoru.

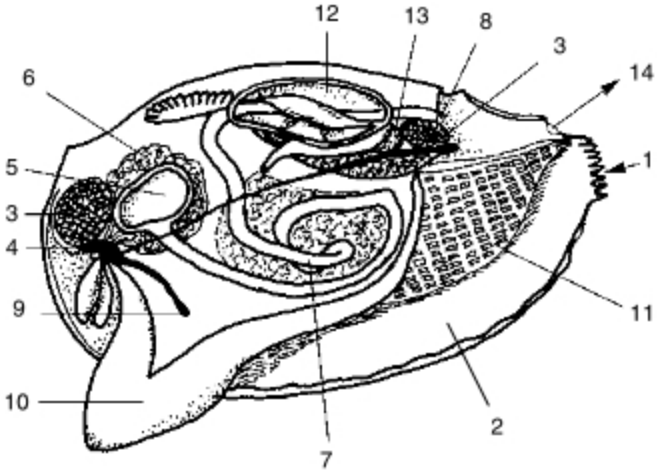


Škeble rybničná
1 – svalnatá noha
2 – směr pohybu živočicha
3 – dolní přijímací a horní vyvrhovací otvor

Měkké tělo škeble je uloženo uprostřed ve hřbetní části dutiny, tvořené lasturami. Po obou stranách těla jsou dýchací ústroje – **žábry**. **Svalnatá noha** škeble, umístěná v břišní části těla, je ze stran zploštělá a sekerovitá. Při lezení a rytí do dna bývá zpevněna přítokem krve do krevních dutin *(erekce)*.

Trávicí trubice škeble rybničné začíná ústním otvorem *(mlži nemají slinné žlázy!)* a pokračuje jícnem do žaludku, obklopeného játry *(hepatopankreas)*. Pokračuje pak střevní kličkou, směřující do hřbetní části těla. Konečník prostupuje **osrdečníkem** a ústí v kloakálním prostoru.

Srdce je uloženo ve hřbetní části těla v **osrdečníkovém vaku**. Má jednu komoru a dvě předsíně. Čerpá okysličenou krev z žaber a aortou ji vhání do hlavové části těla a do útrob. Před návratem do žaber se krev v **metanefridiích** zbavuje látek tělu škodlivých. Krev mlžů obsahuje hemocyanin a je namodralá.



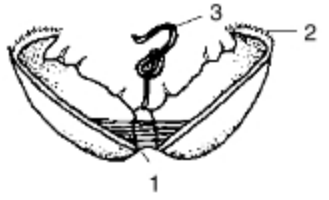
Podélný řez tělem škeble rybničné
1 – vstupní otvor do plášťové dutiny s čichovým ústrojím *(osfradium)*, 2 – plášťová dutina, 3 – svalové svěrače, 4 – ústní otvor, 5 – žaludek, 6 – hepatopankreatická žláza, 7 – střevo, 8 – řitní otvor, 9 – nervová soustava, 10 – noha, 11 – žaberní lupen, 12 – srdce, 13 – ledviny, 14 – vyvrhovací otvor

Dýchacím ústrojím škeble rybničné jsou **párové žábry**, omývané proudem okysličené vody.

Gangliová nervová soustava škeble je výrazně bilaterálně souměrná. Nervové uzliny jsou vzájemně propojeny nervovými vlákny. Škeble, stejně jako drtivá většina mlžů, **nemá** vyvinuty **oči**. Zato mají smyslové ústrojí čichové – **osfradium**, párovou **statocystu** *(ústrojí pro vnímání polohy těla)* ve svalnaté noze a velké **množství hmatových** smyslových **buněk**, rozložených po celém těle.

Škeble rybničná je **gonochorický** druh **s vývojem nepřímým**. Dospívá v pěti letech. Spermie mlžů jsou nasávány do plášťové dutiny jiného jedince, v níž dochází k oplození vajíček. Larva škeble rybničné *(glochidium)* žije ektoparaziticky na žábrách ryb, kde se živí krví a hnisem z ranky, kterou vytvoří svými příchytnými trny.

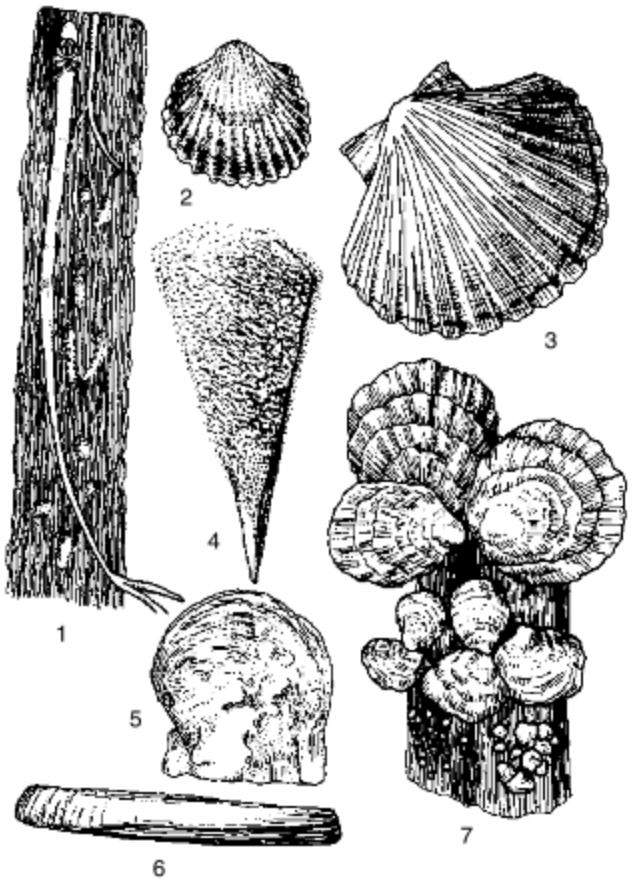
Příčný řez tělem škeble rybničné
1 – vaz spojující obě lastury
2 – lastura
3 – střevo
4 – plášť
5 – žábry
6 – srdce
7 – pohlavní ústroje
8 – nefridie
9 – noha
10 – plášťová dutina



Larva škeble rybničné *(glochidium)*
1 – svěrací svaly lasturek
2 – příchytné trny
3 – byssové vlákno

Dodejme ještě, že v symbióze se škeblí rybničnou žije ryba hořavka duhová, jejíž samičky kladou do plášťové dutiny škeble jikry *(str. 152)*.

Celkem je známo asi 25 000 druhů mlžů, z nichž asi 20 druhů žije u nás. Kromě **škeble rybničné** *(Anodonta cygnea)*, vyskytující se spíše ve vodách stojatých, žije v našich potocích a řekách **velevrub malířský** *(Unio pictorum)* s protáhle vejčitými lasturami a výrazně vyvinutým zámkem na vnitřní stěně lastur. V šumavských potocích se vyskytuje **perlorodka říční** *(Margaritana margaritifera)*. Na mělčinách všech evropských moří můžeme často nalézt lastury **srdcovky jedlé** *(Cardium edule)* s jemným podélným rýhováním. Ze stran smáčklé lastury, připomínající uzavřený kapesní nůž, má **střenka jedlá** *(Solen vagina)*. Do dřeva ponořeného v mořské vodě se zavrtává **šášeň lodní** *(Teredo navalis)*. **Ústřice jedlá** *(Ostrea edulis)* je chována v přírodních velkochovech např. při pobřeží jižní Francie. V evropských mořích je běžná **slávka jedlá** *(Mytilus edulius)* s asymetrickou lasturou. V Indickém oceánu je hojná **perlotvorka mořská** *(Meleagrina margaritifera)*, vytvářející ve své plášťové dutině perly.



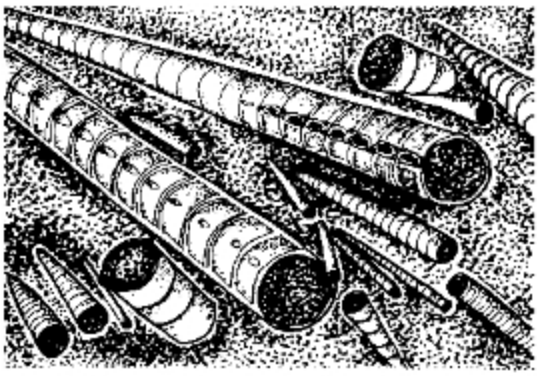
Mlži
1 – šášeň lodní, 2 – srdcovka jedlá, 3 – hřebenatka svatojakubská, 4 – kyjovka šupinatá, 5 – perlotvorka mořská, 6 – střenka jedlá, 7 – ústřice jedlá

■ HLAVONOŽCI *(Cephalopoda)*

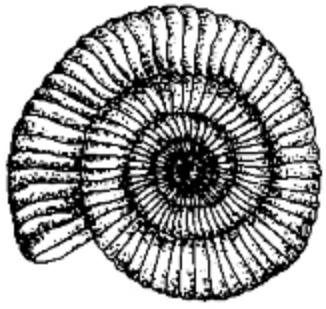
Hlavonožci jsou **vývojově nejdokonalejší měkkýši**. Vzhledem k dravému způsobu života, vyžadujícímu rychlý pohyb, došlo u nich během fylogeneze k redukci schránek. Žijí v moři. Jejich noha je přeměněna ve **svalnatou nálevku**, vedoucí do plášťové dutiny, a v ramena na hlavě a kolem ústního otvoru. Ramena slouží k pohybu, ale v případě nebezpečí se hlavonožci pohybují i reaktivně, kdy unikají nazad prudkým vypuzováním vody z nálevky. **Přiústní ramena** při tomto pohybu volně splývají dopředu. Nové pohotové nasátí vody je umožněno odchlípením okraje pláště od nálevky. Při únikovém pohybu vystřikují z **inkoustové žlázy** ve stěně konečníku sekret, který jim usnadňuje únikový manévr. Hlavonožci mají **chrupavčitou schránku** mozku i chrupavčité ochranné prstence kolem očí.

Trávicí trubice hlavonožců začíná ústy se zobanovitými **čelistmi**, radulou a párovými **slinnými žlázami**. Jícnem a voletem pokračuje do žaludku, který je vakovitý, přechází ve střevní kličky a vyúsťuje v přední části plášťové dutiny.

Hlavonožci mají **srdce s jednou komorou a dvěma** *(např. sépie, chobotnice)*, **nebo čtyřmi** *(loděnka)* **předsíněmi**. Namodralá krev, obsahující hemocyanin, se před příchodem do žaber čistí v ledvinách.



Vybroušená vápencová deska s tyčovitými schránkami vymřelých hlavonožců rodu Orthoceras



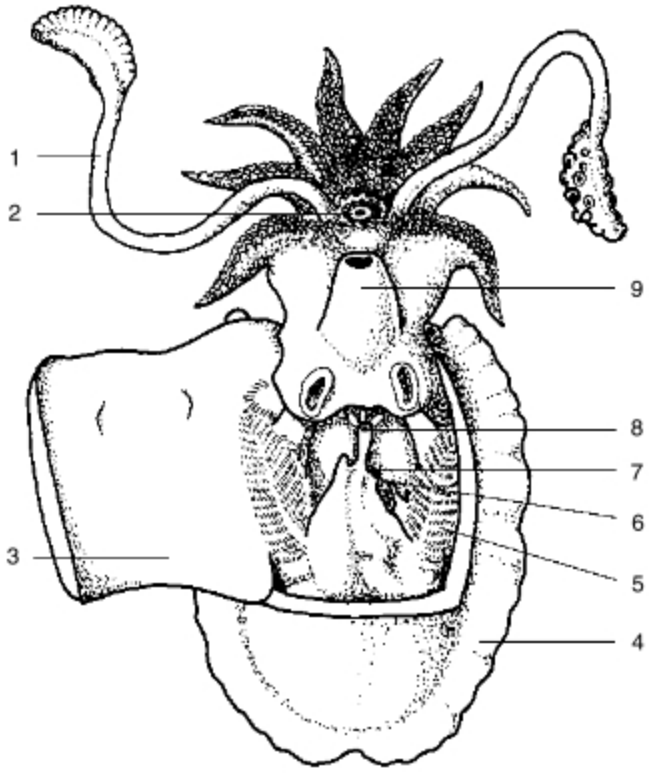
Ulita vyhynulého **hlavonožce rodu Ammonites** *(50 cm)*. Ammoniti tvarem i strukturou svých schránek během svého fylogenetického vývoje citlivě reagovali na změny ekologických podmínek prostředí. Jsou vůdčími zkamenělinami druhohorních sedimentů, umožňující jejich přesné stratigrafické rozlišení.

Mozek hlavonožců je poměrně velký, vzniklý splynutím hlavových ganglií. Nervovými vlákny řídí pohyb jedince, inervuje ramena i smyslové orgány. Mimořádné dokonalosti dosahuje jejich **eversní komorové oko**, které je dokonce dokonalejší než inversní oko obratlovců.

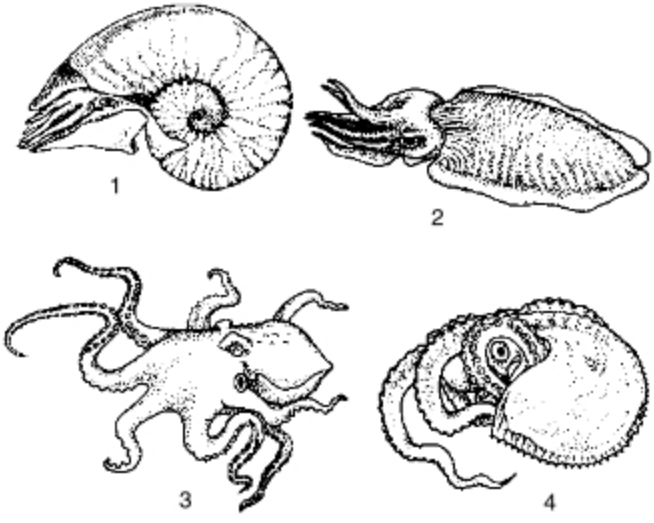
Téměř všechny druhy hlavonožců jsou **gonochorické** a vykazují zřetelný **pohlavní dimorfismus**. Samečkové bývají výrazně menší než samičky. Jedno z přiústních ramen samečka se mění v tzv. *rameno hektokotylové*. Obsahuje přídatnou žlázu, produkující **obaly spermií** *(spermatofory)*. Hektokotylovým ramenem jsou spermatofory přenášeny do pohlavního otvoru samičky. Hlavonožci mají **vývoj přímý**. Jejich mláďata jsou průsvitná a žijí pelagicky.

Známe 600 druhů hlavonožců. **Loděnka hlubinná** *(Nautilus pompilius)* žije v Tichém oceánu. Velmi rozšířen je dravý druh **sépie obecná** *(Sepia officinalis)* s deseti přiústními rameny a ploutvovitým lemem, umožňujícím vznášení ve vodě. Osm ramen má např. **chobotnice pobřežní** *(Polypus vulgaris)*. Další osmiramenný druh **argonaut pelagický** *(Argonauta argo)* má vnější skořápku. Největším hlavonožcem je desetiramenná **krakatice obrovská** *(Architeuthis dux)*, dosahující délky až 20 m. Je potravou vorvaňů.

Ve Středozemním moři a při atlantickém pobřeží severní Ameriky žije vytrvalý a rychlý plavec **oliheň obecná** *(Loligo vulgaris)*. Má velmi chutné maso. Olihně jsou známy skupinovým lovem ryb.



Sépie obecná – samička *(pohled zdola)*
1 – jedno z uchopovacích ramen, 2 – ústní otvor, 3 – přední okraj pláště, 4 – ploutvovitý lem těla, 5 – žábry, 6 – pohlavní otvor, 7 – vývod ledvin, 8 – řitní otvor, 9 – nálevka



Hlavonožci
1 – loděnka hlubinná, 2 – sépie obecná, 3 – chobotnice pobřežní, 4 – argonaut pelagický

Závěr:

Měkkýši mají společné předky s mnohoštětinatci. Mají rovněž pravou dutinu tělní – **coelom**, druhy s nepřímým vývojem mají obrvenou larvu – **veliger**, mají **metanefridie** i **spirální rýhování vajíček**. Všem zástupcům bez výjimky však **zůstává nečlánkované měkké tělo**. Jejich evoluce se tedy ubírala samostatným směrem a **nemá vývojové pokračování**. Vývojově nejpokročilejší jsou draví hlavonožci *(rozvojem nervové soustavy, vytvořením chrupavčité kostry hlavy a zejména rozvojem smyslových orgánů)*.

Prvoústí coelomoví, článkovaní stejnocenně

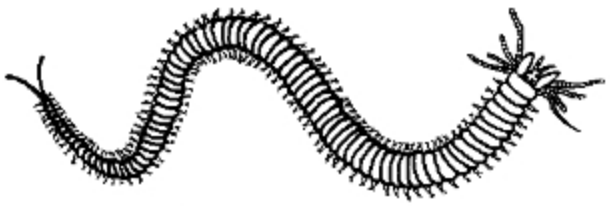
Všechny druhy articulat mají vytvořenu druhotnou dutinu tělní – **coelom** a vykazují **vnější i vnitřní segmentaci**. Mají rovněž vyvinuto **speciální pohybové ústrojí**: starobylejší druhy parapodia, druhy vývojově pokročilejší mají článkované končetiny.

Druhy se **stejnocennou segmentací** *(homonomní)* patří do kmene **kroužkovci** *(Annelida)*. Z nich se na sobě nezávisle vyvinuly tyto kmeny: **dráp-kovci**, **želvušky** a **jazyčnatky** *(a nejnověji i **pásnice**)*.

Nestejnocennou *(heteronomní)* **segmentací** se vyznačují **členovci** *(Arthropoda)*.

Kmen: **KROUŽKOVCI** *(Annelida)*

Pro kroužkovce je typické **stejnocenné článkování** těla. Vnějšímu členění přitom odpovídá i jejich členění vnitřní. S výjimkou prvních a posledních článků mají všechny ostatní tělní články **shodný vzhled**.



Nereidka pravá *(příklad homonomní segmentace těla)*

U plovoucích dravých forem se v přední části těla soustřeďují smyslové orgány. Tento proces nazýváme **cefalizace**. Poslední tělní články srůstají a tvoří konečný článek těla – **pygidium**.

Některé tělesné **orgány se** v tělech kroužkovců **opakují** v každém článku *(např. nervové uzliny, pohlavní orgány i s vývody, vylučovací ústrojí, parapodia)*.

Jiné orgány prostupují celým tělem *(např. soustava cévní nebo trávicí)*. Vnitřní segmentace souvisí se vznikem třetího zárodečného lupenu *(mezoderm)*. Články jsou odděleny blanitou přepážkou *(disepiment)*.

Kmen kroužkovci má třídy **mnohoštětinatci a opaskovci** *(s podtřídami máloštětinatci a pijavice)*.

■ **MNOHOŠTĚTINATCI** *(Polychaeta)* jsou typičtí obyvatelé mělkých šelfových moří. Důkazem **starobylosti** mnohoštětinatců jsou jejich fosilní nálezy, pocházející z kambria. Kromě hlavy a pygidia *(poslední srostlé tělní články)* mají **množství stejnocenných článků**. Na bocích každého z nich se nacházejí specializované pohybové orgány se štětinkami – **parapodia**.

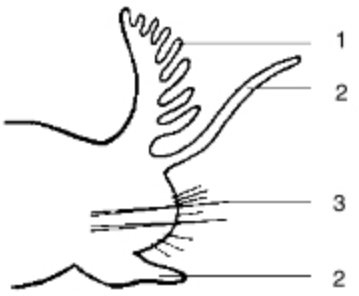
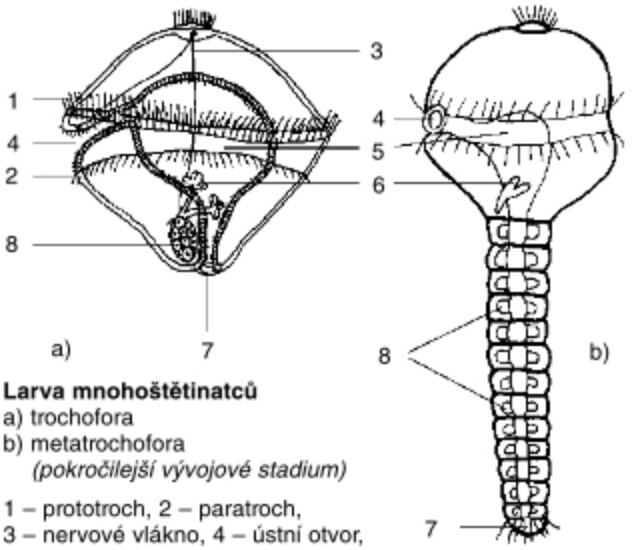


Schéma stavby parapodia mnohoštětinatců
1 – žábry, 2 – hmatový výběžek, 3 – štětinky

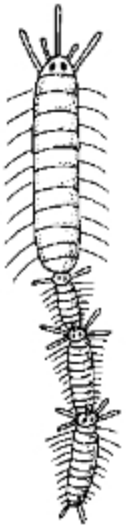
Na povrchu těla mnohoštětinatců je **jednovrstevná pokožka**, plnící u většiny druhů i funkci dýchací. Pod ní se nachází **podkožní svalový vak**. **Cévní soustava mnohoštětinatců je uzavřená**. Narůžovělá krev *(u některých druhů přítomností barviva chlorocruorinu smaragdově zelená)* je hřbetní tepající cévou vedena k přídi těla a břišní sběrnou cévou opačně. Mnohoštětinatci vylučují **metanefridiemi**. **Gangliová nervová soustava žebříčkovitého typu** je uložena na břišní straně těla.



Larva mnohoštětinatců
a) trochofora
b) metatrochofora
(pokročilejší vývojové stadium)

1 – prototroch, 2 – paratroch,
3 – nervové vlákno, 4 – ústní otvor,
5 – žaludek, 6 – metanefridie,
7 – otvor řitní, 8 – coelomové váčky

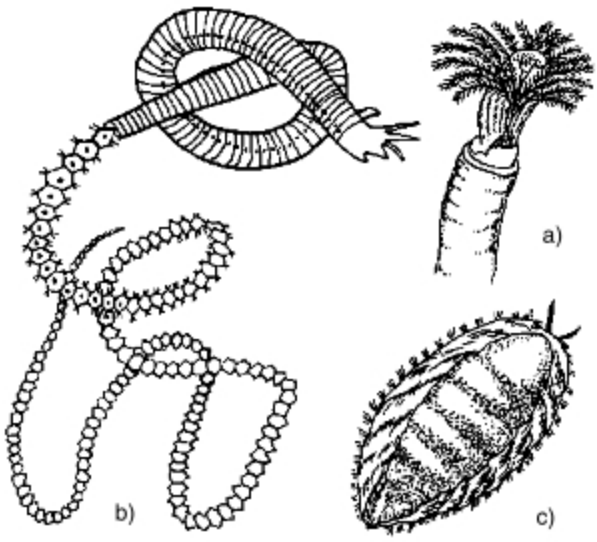
Nepohlavní rozmnožování mnohoštětinatců segmentací těla *(fissiparie)*



Mnohoštětinatci jsou **odděleného pohlaví a mají nepřímý vývoj**. Z oplozeného vajíčka mnohoštětinatců se líhne plovoucí larva přílbovitého tvaru – **trochofora**. Na obvodu má dva věnce brv, mezi nimiž je ústní otvor. Jejím pokročilejším vývojovým stadiem je **metatrochofora** s již narůstajícími tělními články, která dokončuje svůj vývoj v dospělého mnohoštětinatce. Běžným

způsobem rozmnožování je také nepohlavní rozpad článkovaného těla na vícesegmentové části *(fissiparie)*, z nichž každá dorůstá v dospělce.

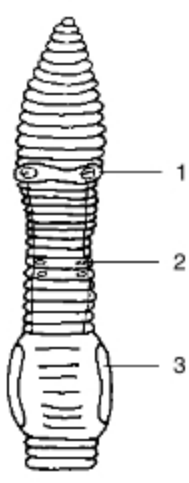
K nejznámějším mnohoštětinatcům patří např. pelagický druh **nereidka hnědá** *(Nereis pelagica)*, v Tichém a Indickém oceánu žije **palolo zelený** *(Eunice viridis)*, v evropských mořích je běžná široce oválná **afroditka plstnatá** *(Aphrodite aculeata)*. Z přisedlých, v rourkách žijících mnohoštětinatců, živících se mikroskopickou potravou, je hojný např. **rournatec vějířový** *(Spirographis spallanzanii)*.



Mnohoštětinatci
a) přední část těla rournatce vějířového, b) palolo zelený, c) afroditka plstnatá

■ **OPASKOVCI** *(Clitellata)* **nevytvářejí parapodia**. V přední třetině těla mají nápadně zduřelé tělní články s kožními žlázami, tzv. **opasek** *(clitellum)*. Jeho výměšky umožňují spojení jedinců a přenos spermií při kopulaci i vytvoření kokonu kolem snesených vajíček.

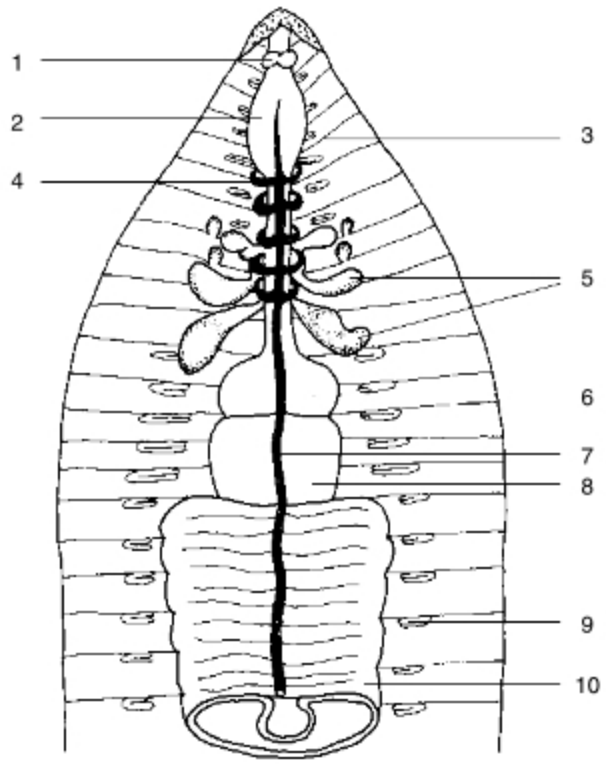
□ **Máloštětinatci** *(Oligochaeta)* mají **tělo** na příčném řezu **kruhovité**, se sbíhavou přídí a čelním lalokem, vybíhajícím v **hmatový prstík**. Jejich záď je plošší a zaoblená. **Žížala obecná** *(Lumbricus terrestris)*. Na bocích každého tělního článku má 4 páry krátkých štětinek. Hřbetní strana žížaly je klenutější a tmavší než strana břišní. Na hřbetě prosvítá hřbetní céva. Jednovrstevná pokožka žížaly je vlhká a bohatě prokrvená *(plní i funkci dýchací)*. Obsahuje i četné hmatové buňky a buňky světločivné *(faosomy)*. Žížala rozlišuje světlo a tmu. Je **fotofobní**.



Přední konec těla žížaly
1, 2 – vyústění pohlavních orgánů
3 – opasek

Trávicí trubice prochází celým tělem žížaly. Začíná ústy a končí řitním otvorem na posledním tělním článku. Po stranách žláznatého žaludku *(volete)* má zřetelné **vápenaté žlázy**. Ty slouží k neutralizaci huminových kyselin, obsažených v tlejícím listí, které je podstatnou složkou žížalí potravy.

Širokou trávicí soustavou žížaly může projít v krátké době poměrně mnoho potravy, která má nízkou výživnou *(nutriční)* hodnotu *(živí se např. listy)*. Její dokonalejší využití umožňuje prokrvená epiteliální řasa **tyflosolis**, čnějící do dutiny střeva po celé délce jeho hřbetní části. Střevo žížaly je obaleno **exkrečním**, tzv. chloragogenním **epitelem**, jehož buňky mají schopnost hromadit v sobě tělu škodlivé látky. Po odloupnutí opouštějí tělo metanefridiemi.

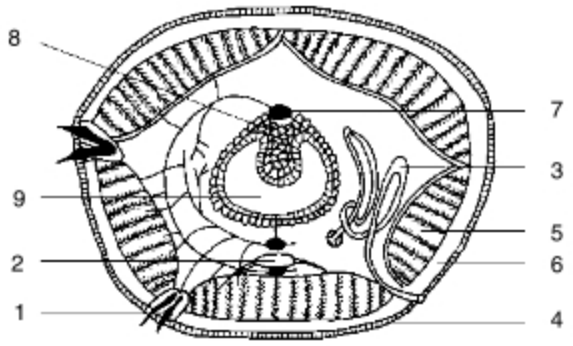


Anatomie přední části těla žížaly obecné
(pohled shora)
1 – mozkové ganglium, 2 – hltan, 3 – mezičlánková přepážka, 4 – srdce, 5 – semenné váčky, 6 – přední část žaludku, 7 – hřbetní céva, 8 – žaludek, 9 – vyústění metanefridií, 10 – střevo

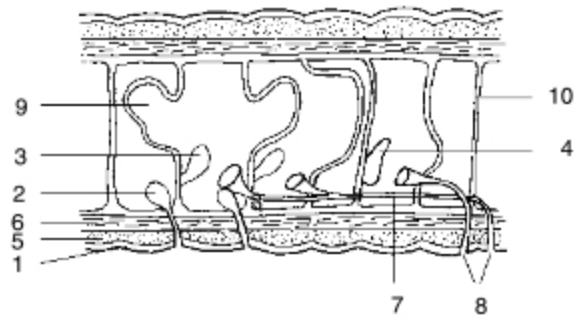
Cévní soustava žížaly je **uzavřená**. Červenou krev, obsahující v plazmě rozpuštěný hemoglobin, uvádí do pohybu směrem dopředu **hřbetní céva**. Cévní systém se bohatě větví v síti podkožních vlásečnic *(dýchání celým povrchem těla)*. Vylučovacím ústrojím žížaly jsou **metanefridie**, opakující se v každém tělním článku. Jen v předních článcích se z jejich základu vyvinuly vývodné pohlavní cesty *(chámovody a vejcovody)*. V každém článku je metanefridium jako obrvená nálevka a prostupuje vinutým kanálkem do článku následujícího. Z něj pak ústí na povrch. Žížala má typickou **gangliovou ner-**

vovou soustavu žebříčkovitého typu, která prostupuje břišní částí jejího těla. Žížaly jsou **hermafroditi**. Spermie získané při kopulaci uchovávají v zásobním váčku do doby dozrání vlastních vajíček. V 10. a 11. článku mají po jednom páru varlat. Párový vaječník je umístěn ve třináctém článku a vyúsťuje na článku 14. Kolem svých nakladených oplozených vajíček žížala vylučuje z opaskových žláz tuhnoucí sekret. Vznikající **kokon** stahuje přes příď svého těla. Žížala má **vývoj přímý**. Má rovněž velmi dobře vyvinutou **schopnost regenerace** poškozených částí svého těla.

Svou činností **provětrává** a **převrstvuje půdu**, sama je součástí potravního řetězce. Je činitelem přispívajícím k zúrodňování půdy s mimořádným ekologickým významem.



Příčný řez tělem žížaly obecné
1 – štětinky, 2 – břišní nervová páska, 3 – metanefridie, 4 – kutikula, 5 – svalstvo podélné, 6 – svalstvo okružní, 7 – hřbetní céva, 8 – střevní řasa *(tyflosolis)*, 9 – střevo. Na pravé straně nákresu nejsou zakresleny další dvě dvojice štětinek.



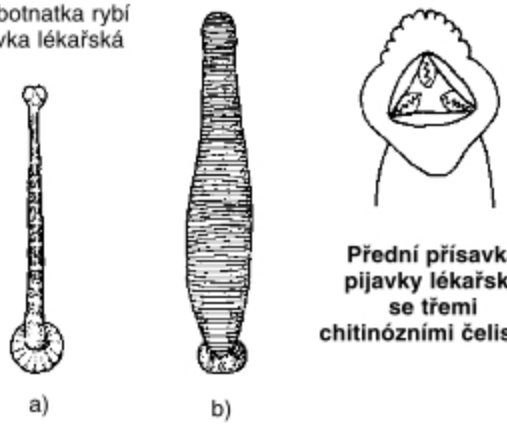
Podélný řez 8.–15. článkem těla žížaly obecné
1 – kutikula, 2 – zásobní váčky, 3 – varle, 4 – vaječníky, 5 – svalstvo okružní, 6 – svalstvo podélné, 7 – chámovod, 8 – pohlavní otvory, 9 – semenné váčky, 10 – mezičlánková přepážka

Žížala hnojní *(Eisenia foetida)* je používána k ekologickému zpracování komunálních odpadů *(Vermikompost)*. Trouchnivějící pařezy v horských oblastech jsou životním prostředím **žížaly podhorské** *(Eisenia submontana)*, nápadné svým tmavým kroužkováním a světélkujícím slizem. Na žábrech raků parazituje **potočnice račí** *(Branchiobdella astaci)*. **Nitěnka obecná** *(Tubifex tubifex)* žije v zabahněných tocích. Ze své rourky v bahně vystrkuje pouze záď, jíž pohybuje do stran *(dýchací pohyby)*. Je oblíbeným krmivem akvarijních rybek.

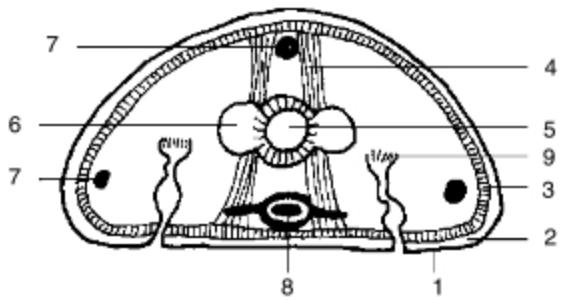
☐ **Pijavice** *(Hirudinea)* jsou na příčném řezu tělem mírně shora **zploštělé**. Jejich výrazně **zmnožená povrchová segmentace** *(3–14 kožních zářezů na jeden vnitřní tělní článek)* neodpovídá segmentaci vnitřní. Mají **dvě přísavky**. Přední navazuje na trávicí trubici, zadní má pouze funkci přichycovací. Pijavice jsou **ektoparazity nebo predátory sladkovodních živočichů**. Ve srovnání se žížalami došlo u nich k podstatnému zjednodušení jejich tělesné ústrojnosti. Tělo pijavek se k přídi zužuje a k zádi rozšiřuje. Uprostřed ústní přísavky jsou **chitinové čelisti**, jimiž pijavice narušuje pokožku hostitele. Za ústy je svalnatý hltan, do něhož ústí žlázky vylučující látku **hirudin**, zabraňující srážení krve. Střevo pijavek má vychlípeniny, v nichž se hromadí nasátá krev. Žijí v nich symbiotické mikroorganizmy, které krev konzervují. Řitní otvor vyúsťuje nad zadní přísavkou. Cévní a nervová soustava je obdobou těchto soustav u žížaly. Rovněž dýchání se uskutečňuje celým povrchem těla. Vylučuje **metanefridiemi**. Pijavice jsou **hermafroditi**. Oplozená vajíčka klade pijavice v kokonu na vodní rostliny nebo do vlhké půdy na břehu. **Vývoj** pijavic je **přímý**.

Jejich regenerační schopnost je ve srovnání se žížalou velmi nízká. Pijavice se mohou **pohybovat píďalkovitě** střídavým přichycováním přísavkami. Mohou ale také vlnivým pohybem **plavat**. Výše popsaná ústrojnost platí pro **pijavku lékařskou** *(Hirudo medicinalis)*. Má černohnědočervenou kresbu hřbetu a světlé, černě skvrnité břicho. Ve středověku byla používána k odsávání krve nemocným lidem.

Pijavice
a) chobotnatka rybí
b) pijavka lékařská



Přední přísavka pijavky lékařské se třemi chitinózními čelistmi



Příčný řez tělem pijavky lékařské
1 – kutikula, 2 – okružní svalstvo, 3 – podélné svalstvo, 4 – dorzoventrální svaly, 5 – střevo, 6 – postranní střevní vaky, 7 – krevní lakuny, 8 – břišní nervová páska, 9 – metanefridie

Při něm často docházelo k druhotné infekci organismů způsobené hnisavými bakteriemi. Další hojné druhy pijavic jsou: **pijavka koňská** *(Haemopis sanquisuga)* je predátor, **hltanovka bahenní** *(Erpobdella octoculata)*, **chobotnatka rybí** *(Piscicola geometra)*, která je i přenašečem krevních parazitů ryb.

Kmen: **DRÁPKOVCI** *(Onychophora)*

Drápkovci se vyvinuli pravděpodobně **z mnohoštětinatců** přizpůsobením k životu mimo vodu. Mají s nimi společné homonomně článkované tělo s komolcovitými panožkami, souvislý třívrstevný podkožní svalový vak, typ nervové soustavy, segmentální uspořádání metanefridií, váčkovitá očka a rovné střevo. **Členovce** připomínají chitinovým povrchem těla, rozvojem vzdušnic, změnou předního páru metanefridií ve slinné žlázy a článkováním tykadel.

Jsou to živočichové **noční**. Žijí v tlející organické hmotě pralesů tropického pásma. Živí se **dravě**. Kořisti se zmocňují **vystřelováním lepkavého sekretu** slinných a makadlových žláz, jímž drobný hmyz znehybňují. Jsou odděleného pohlaví a jsou živorodí. Jejich mláďata jsou pohyblivá a nepigmentovaná. Při každém svlékání vždy přibývá počet jejich tělních článků a panožek. Takový vývoj označujeme jako **anamorfózu**. Dospívají ve dvou letech.

Biologie drápkovců ukazuje, jakým způsobem se mohli vyvinout např. členovci z mnohoštětinatců. Bylo však prokázáno, že **drápkovci** samotní **vývojovým mezičlánkem nejsou**. Jejich vývoj nemá pokračování. Typický představitel: **drápkonoš kapský** *(Peripatopsis capensis)*.

Drápkonoš kapský

Závěr:

Fylogenetické vztahy homonomně článkovaných prvoústých druhů živočichů jsou poznamenány nedostatkem fosilních důkazů existence přechodných vývojových forem. Měli patrně společné předky s měkkýši. Avšak svými specializovanými pohybovými ústroji představují pokročilejší vývojový směr. Vykazují mnoho odchylek, podmíněných jednak parazitickým způsobem života *(degenerací smyslových ústrojů a parapodií)*, jednak přizpůsobením se nejrozmanitějším životním podmínkám. Drápkovci vykazují i znaky kroužkovců a členovců.

Prvoústí coelomoví, článkovaní nestejnocenně

Kmen: **ČLENOVCI** *(Arthropoda)*

Členovci jsou **nejpočetnější živočišný kmen** s nesmírným hospodářským významem. Ve vývojové větvi prvoústých dosáhli **největšího stupně dokonalosti**, který je srovnatelný s postavením obratlovců mezi druhoústými. Charakteristickým znakem všech členovců je **nestejnocenné** *(heteronomní)* **článkování** jejich těla a končetin. Během fylogeneze u nich docházelo ke splývání sousedních tělních článků ve větší celky, které bylo provázeno odpovídajícími změnami vnitřních orgánů *(např. splýváním nervových ganglií)*. Tělo většiny členovců rozlišujeme na **hlavu** *(cephalon)*, **hruď** *(thorax)* a **zadeček** *(abdomen)*. Každý tělní článek nesl původně jeden pár končetin, vývojově odvozených od parapodií mnohoštětinatců. Během fylogenetického vývoje členovců se však počet končetin zmenšil. Pohybovou funkci si ponechaly většinou končetiny v hrudní části těla. Ostatní buď zanikly, nebo se přeměnily *(např. v tykadla, čelisti, makadla)*.

Pohyblivé spojení článků v končetině členovců
1 – spojovací blanka, 2 – svalstvo se upíná a prochází zevnitř

Členovci mají vytvořen **pevný tělní pokryv**, plnící současně **funkci vnější kostry**. Tvoří ji chitinová **kutikula**. Souvislý pevný krunýř by znemožňoval pohyb živočicha. Jednotlivé tělní **články** i články končetin jsou proto **spojeny** tenkou **blankou**. Protože krunýř brání v růstu, je během života několikrát **svlékán** a nahrazován. Mladí jedinci se svlékají častěji.

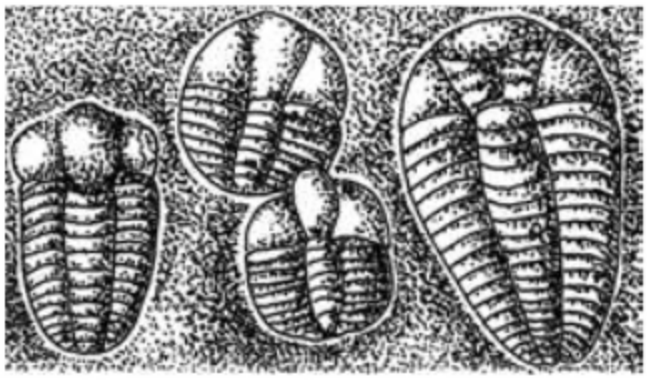
V době svlékání členovec intenzivně roste a vzápětí si vytváří krunýř větší. Kutikula krunýře je neprostupná pro vzduch. Proto mají všichni členovci různě upravené **dýchací orgány** v závislosti na prostředí, v němž žijí *(žábry, plicní vaky, vzdušnice)*. Mimořádný **rozvoj nervové soustavy** vzdušnicovců jim umožňuje vynikající pohybové schopnosti i **adaptaci k životu** prakticky ve všech biotopech ve značném počtu druhů i jedinců.

Jedním ze znaků systematického třídění členovců je utváření jejich předních končetin. Rozlišujeme 4 podkmeny:

1. Trojlaločnatci *(první pár končetin přeměněn v tykadla)*
2. Klepítkatci *(první pár končetin přeměněn v klepítka)*
3. Žabernatí *(první 2 páry končetin přeměněny v tykadla, dýchají žábrami)*
4. Vzdušnicovci *(první pár končetin přeměněn v tykadla, dýchají vzdušnicemi)*

1. pkm.: TROJLALOČNATCI *(Trilobitomorpha)*

Trojlaločnatci jsou vymřelí vodní členovci, kteří byli rozšířeni **v prvohorních mořích** *(hlavně v siluru).*



a) b) c)

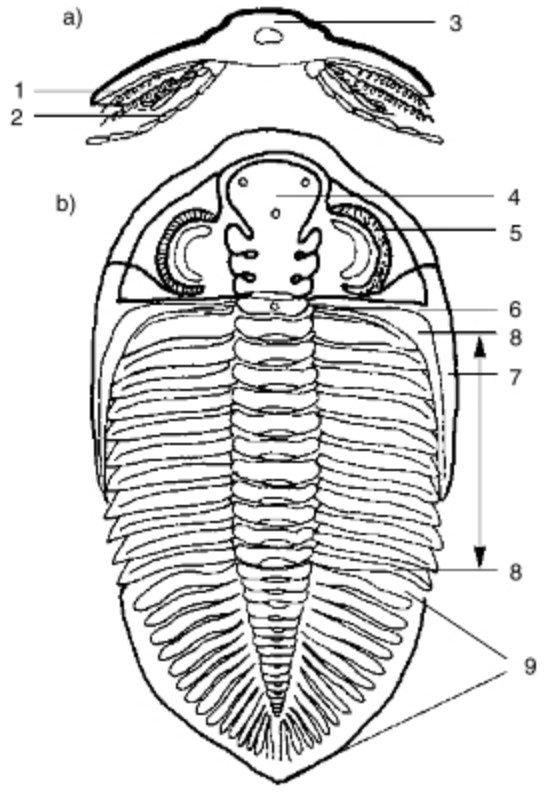
Ukázka trilobitů z Barrandienu
a) Elipsocephallus b) Marrolithus c) Dalmanitina

Dnes je můžeme studovat na zkamenělinách. Jedno z největších světových nalezišť zkamenělin trilobitů se nachází jižně od Prahy *(Barrandien).*

S výjimkou prvního páru měli všechny **končetiny stejné**. První pár se vývojem přeměnil na **tykadla**. Nikdy nevytvořili specializované ústní ústrojí.

Řadíme je do jediné třídy **trilobiti**. Dosahovali velikost od 5 mm do 70 cm *(nejčastější velikost 3 až 12 cm).* Podle tělesné stavby trilobitů paleontologové usuzují, že šlo převážně o druhy plovoucí. Známy jsou však i hrabavé druhy žijící u dna. Na trilobitech rozlišujeme **hlavu**, **hruď** a **zadeček** zakončený ocasním štítem *(pygidium).* Hřbetní strana těla trilobitů je rozdělena na **tři podélné laloky** *(střední a dva postranní).* Všechny tělní články trilobitů byly téměř stejné. Každý z nich nesl **dvouvětevné končetiny**. Silnější vnitřní větev měla funkci pohybovou, slabší větev vnější měla funkci dýchací *(nesla žaberní lupínky).*

Trilobiti byli **výchozím evolučním typem** zejména se vztahem ke **klepítkatcům.**



Trilobit
a) příčný průřez, b) pohled z hřbetní strany
1 – žábry, 2 – rozeklaná nožka, 3 – středové vřeteno, 4 – hlava, 5 – složené oči, 6 – lícní šev, 7 – lícní trn, 8 – tělo, 9 – zadeček

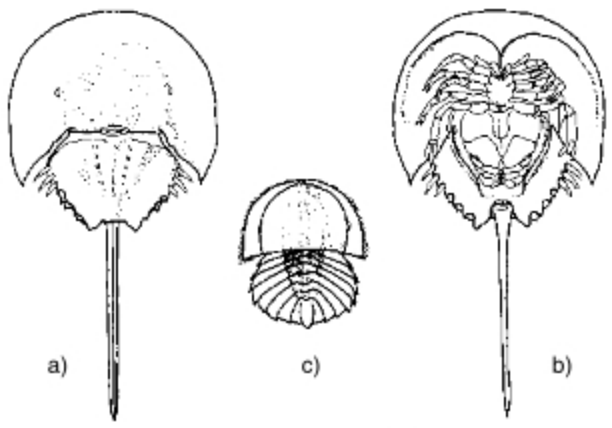
2. pkm.: KLEPÍTKATCI *(Chelicerata)*

První pár končetin klepítkatců je přeměněn v **klepítka** *(chelicery),* specializovaná pro příjem potravy. Druhý pár je u většiny druhů přeměněn v **makadla** *(pedipalpy)* s hmatovou funkcí. Hlava klepítkatců zpravidla srůstá s hrudí v **hlavohruď** *(cephalothorax)*, která ještě nese **4 páry kráčivých končetin**. Zadeček je většinou nečlánkovaný a obvykle končetiny nemá. Primitivní formy klepítkatců žijí v moři *(např. hrotnatci)*, formy evolučně pokročilejší *(pavoukovci)* jsou převážně suchozemské. V současné době asi 36 000 známých druhů klepítkatců dělíme na třídy hrotnatci, pavoukovci a nohatky.

■ HROTNATCI *(Merostomata)*

Patří sem asi 200 vyhynulých druhů **kyjonožců** *(Gigantostraca)* a 5 žijících druhů **ostrorepů** *(Xiphosura)*, které se dochovaly jako zbytky živočichů, žijících již v prvohorních mořích. Bývají zahrabáni do dna, kde loví měkkýše a larvy mořských bezobratlých živočichů. Mladší jedinci mohou plavat i naznak. Tělo ostrorepů je shora zploštělé a je kryto plochým krunýřem.

Ostrorepi, ale zejména jejich larvální stadia připomínají svým vzhledem trilobity. Tělo mají zakončeno nápadným dlouhým hrotem, podle něhož byli pojmenováni.



Ostrorep molucký
a) shora, b) zespodu, c) trilobitové stadium ostrorepa *(larva)*

Ostrorep americký *(Limulus polyphemus)* dosahuje velikosti 60 cm. Žije v mělčinách při pobřeží Mexického zálivu a New Founlandu.

V devonských mořích žili příbuzní **kyjonožci** *(Gigantostraca)*, kteří dosahovali velikosti až 200 centimetrů *(vůbec dosud největší známí členovci)*.

■ PAVOUKOVCI *(Arachnida)*

Pavoukovci patří k nejstarším známým suchozemským živočichům. Všechny druhy pavoukovců **dýchají vzdušný kyslík** a zadeček mají vždy bez končetin. Jejich tělesnou organizaci si popíšeme na **křižáku obecném** *(Araneus diadematus)*. Tělo pavouka křižáka, kryté kutikulou, je rozlišeno na **hlavohruď** a k ní **stopkou přirůstající zadeček**. Vpředu na hlavohrudi křižáka je 8 jednoduchých oček, jejichž zorná pole na sebe navazují. Křižák tak vnímá zrakové podněty ve značně širokém zorném úhlu. Na spodní straně hlavohrudi má křižák 2 páry končetin přeměněných v ústní ústrojí a 4 páry kráčivých noh. První pár tvoří dvoučlánkovaná **klepítka** *(chelicery)*. V jejich základním článku je jedová žláza, vyúsťující na hrotu druhého článku. Další pár končetin tvoří **makadla** *(pedipalpy)*. Ta slouží zejména hmatu a u samečků jsou rovněž pomocným pářícím ústrojím. Slouží k přenášení spermatoforů do pohlavního otvoru samičky. Zbývající 4 páry jsou končetiny kráčivé. Slouží ale i ke snování pavučin, přidržování samiček, při kopulaci i k dalším, druhově příznačným činnostem *(např. plavání, skákání či k rychlému běhu, některé druhy dokážou běhat i po povrchové blance vodní hladiny)*. Nohy křižáka jsou tvořeny osmi články. Na chodidle jsou opatřeny snovacími háčky. Jsou uzpůsobeny k obratnému pohybu po pavučině, do níž se jiní živočichové chytají.

Křižáci loví živou kořist *(hmyz)* do svislých pavučin stavěných dospělými jedinci. Tvar pavučin i postup jejího vytváření je dán instinktivně a je druhově typický.

Pro pavouky je charakteristické, že jejich ústní otvor je tak úzký, že **nemohou pohlcovat sousta**. Chycenou kořist tedy zapřádají do pavučiny a vstřikují do ní trávicí fermenty svých slinných žláz. Potrava je tak několik hodin štěpena mimo tělo. Natrávený tekutý obsah kořisti je pak vysáván sacími svaly jícnu. Střední část střeva je rovná a má vakovité výběžky. Potrava, jejíž příjem je u pavouků velmi nepravidelný, tak může v nich být stravována postupně. V zadečku má trávicí trubice křižáka tvar nahoru prohnutého oblouku. V tomto úseku do ní ústí vývody **jaterní žlázy**. Před řitním otvorem, vyúsťujícím na konci těla, je rozšířena v kloaku, do níž ústí **Malpighiovy trubice**, které jsou vylučovacím ústrojím.

Přeměnou končetin 10. a 11. zadečkového článku vznikly **snovací bradavky**. Na zadečku vyúsťují těsně před řitním otvorem. Vlákno vzniká ze sekretu vytlačovaného ze snovací bradavky, který při styku se vzduchem tuhne *(tohoto principu je využito v textilním průmyslu při výrobě silonových vláken)*.

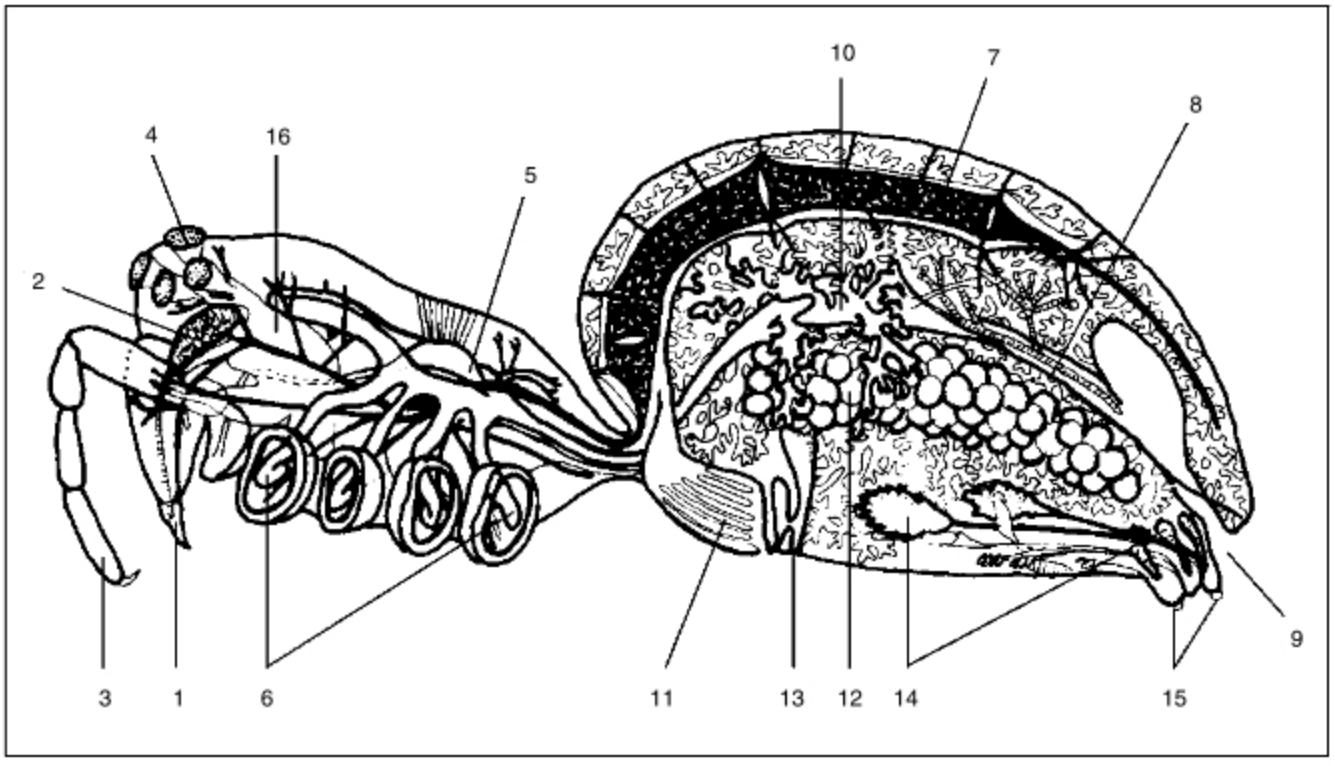
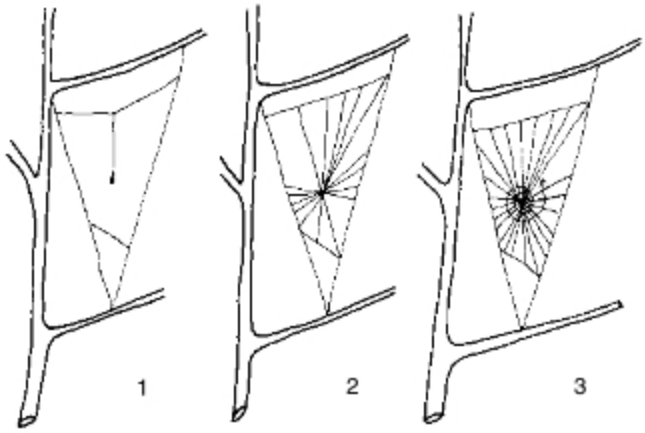
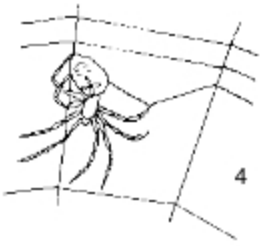


Schéma anatomické stavby pavouka
1 – chelicery s vývodem jedové žlázy, 2 – jedová žláza, 3 – pedipalpy, 4 – očka, 5 – žaludek, 6 – základní články kráčivých noh, 7 – srdce, 8 – střevo, 9 – řitní otvor, 10 – jaterní výběžky, 11 – plicní vak, 12 – vaječník, 13 – pohlavní otvor, 14 – snovací žlázy, 15 – snovací bradavky

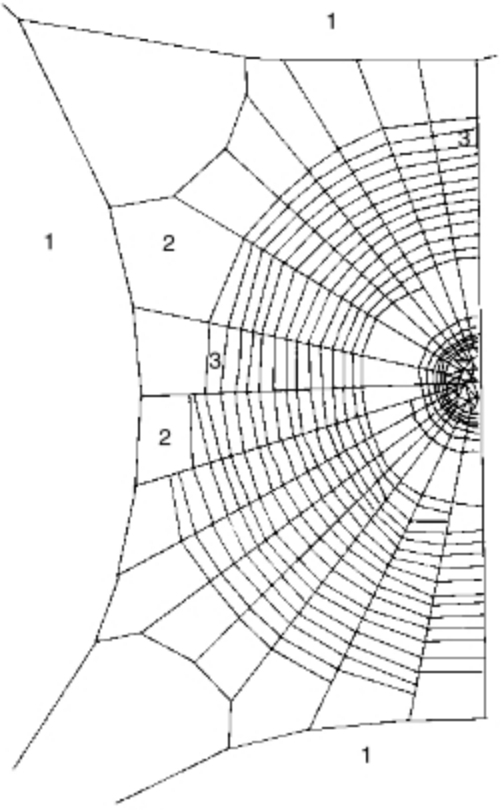
Snovací bradavka pavouka
1 – snovací trubičky

Detail zakončení nohy pavouka se dvěma hřebínkovitými drápky a jedním předdrápkem





Postup stavby sítě křižákem obecným
1–3 – fáze stavby,
4 – pavouk při stavbě sítě



Síť pavouka křižáka
1 – nosná vlákna, 2 – radiální vlákna, 3 – okružní lepkavá vlákna

Na předním dolním okraji zadečku křižáka je **pár dýchacích průduchů** *(stigmata)*, ústící **do párových plicních vaků**. Evolučně vznikly vnořením nožek se žaberními lupínky pod povrch těla. Uvnitř dutinky plicního vaku jsou hojně prokrvené dýchací lišty. Za stigmaty na břišní straně zadečku křižáka vyúsťují pohlavní ústroje. Pavouci jsou **gonochoristé se zřetelným pohlavním dimorfismem** *(samečkové jsou menší než samičky).*

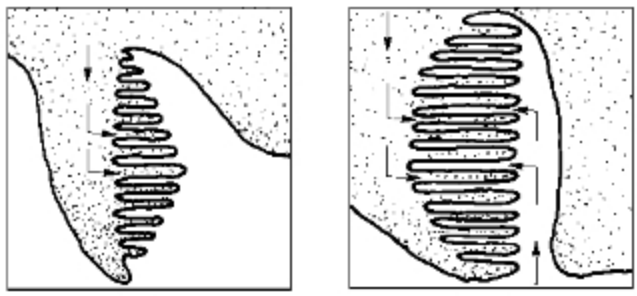


Schéma vývoje plicních vaků štírů z končetin ostrorepů
a) končetina ostrorepa s žaberními lupínky na vnitřní straně
b) vnořený plicní vak štírů

Spermie ve spermatoforech přenáší sameček pedipalpami do semenného váčku samice. Samičky zapřádají nakladená oplozená vajíčka do zvláštního zámotku *(kokon)*. U pavouků je běžný **manželský kanibalismus**, kdy samička po pohlavním aktu samečka zpravidla sežere. *(Vysvětli biologický význam manželského kanibalismu pavouků!)* O potomstvo většina druhů pavouků starostlivě pečuje *(zapřádání vajíček do kokonů, samičky některých druhů nosí mláďata určitou dobu na vlastním těle).*

Cévní soustava křižáka obecného je **otevřená**. Trubicovité srdce má několik párů nasávacích otvůrků *(ostií)*. Nachází se ve hřbetní části zadečku. Hemolymfa křižáka obsahuje hemocyanin a velké množství krvinek.

Nervovou soustavu pavouků tvoří mohutná **podhltanová zauzlina**, vzniklá splynutím několika ganglií. Vybíhají z ní nervová vlákna do končetin i jednotlivých tělních orgánů.

Kromě již zmíněných osmi ček má křižák po celém těle **mechanoreceptorové brvy** a zvláštní orgány, vnímající otřesy a pohyby noh. Významnou roli v životě pavouků mají i chemoreceptory.

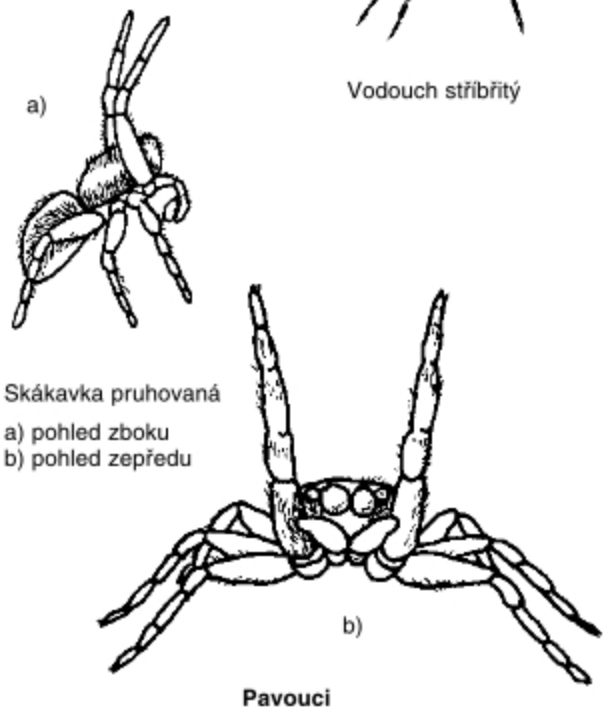
Do řádu pavouků *(Araneida)* patří asi 20 000 druhů dravých živočichů. Z nich většina lapá kořist do sítě, jiné druhy ji přepadají v běhu či skokem. Pavouci jsou rozšířeni po celém světě s výjimkou Antarktidy. U nás žije asi 1000 druhů. Jsou mimořádně užiteční.

◇ Do řádu pavouků patří např.: **pokoutník domácí** *(Tegenaria domestica)*, **sklípkan huňatý** *(Avicularia avicularia),* **snovačka jedovatá** *(Latrodectus*

mactans), australskými domorodci nazývaná „černá vdova“. Na prosluněných lokalitách žije u nás druh **skákavka pruhovaná** *(Salticus scenicus)*. V jižní Evropě a ve stepích střední Evropy je běžný **slíďák tatarský** *(Lycosa singoriensis)* velký až 5 cm. **Běžník květomilný** *(Thomisus albus)*, jehož dospívající jedinci vypouštějí koncem léta unášivá vlákna *(tzv. babí léto)*, která ho rozšiřují po krajině. Jediný u nás žijící druh, který se přizpůsobil k životu ve stojatých vodách tůní, je **vodouch stříbřitý** *(Argyroneta aquatica)*.

Snovačka jedovatá

Vodouch stříbřitý



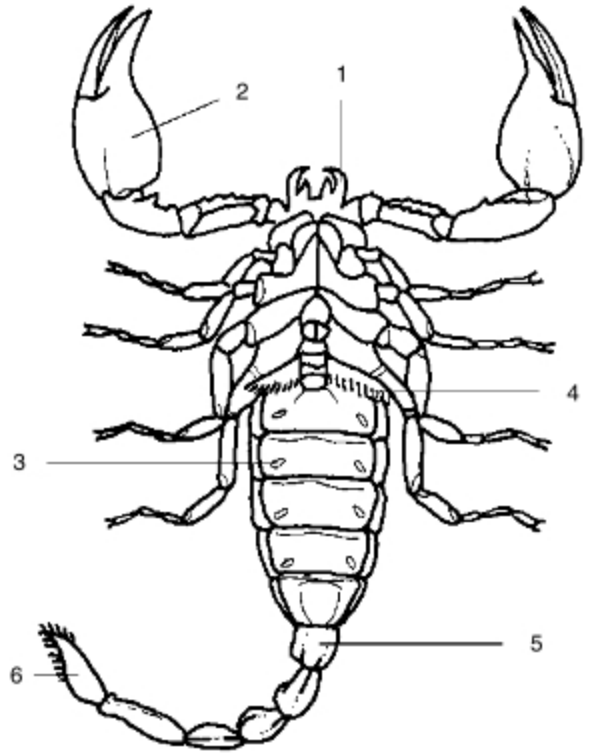
Skákavka pruhovaná

a) pohled zboku
b) pohled zepředu

Pavouci

◇ **Štíři** *(Scorpionida)* vzhledově připomínají raky. Jejich zadeček má část širší *(preabdomen)* a část užší *(postabdomen)*, kterou při pohybu zvedá nad tělo. V koncovém článku je **hrot** s jedovou žlázou. Štíři jsou **soumračnídraví** živočichové.

Největším evropským druhem štíra *(7 cm)* je žlutohnědý **štír středomořský** *(Buthus occitanus)*. Černý **veleštír obrovský** *(Pandinus imperator)* žije v tropické západní Africe.



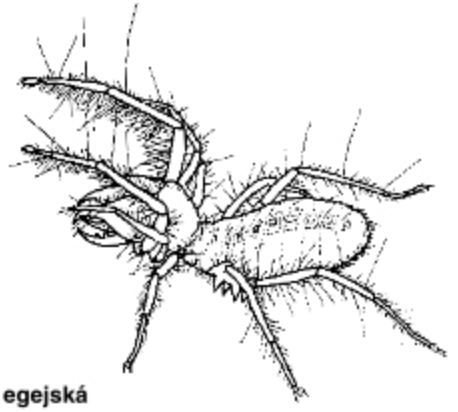
Štír kýlnatý

1 – chelicery, 2 – pedipalpy, 3 – stigma,
4 – třetí článek přední části zadečku se smyslovými hřebínky,
5 – první článek zadní části zadečku, 6 – hrot s jedovou žlázou

◇ **Štírci** *(Pseudoscorpionida)* jsou drobní živočichové. Žijí v rostlinném troudu pod kůrou odumřelých stromů, v ptačích hnízdech, v domácnostech a v úlech včely medonosné. Živí se **dravě roztoči** a drobným hmyzem. Dospělí štírci se přichycují na chlupy pohyblivého hmyzu *(foresie)*, např. **štírek obecný** *(Chelifer cancroides)*, **štírek knihový** *(Cheiridium museorum)*.

Štírek obecný

◇ **Solifugy** *(Solpugida)* jsou nápadné zejména svým ochlupením a **nezvykle členěnou hlavohrudí** *(hlava je spojena s předními hrudními články a dva hrudní články jsou volné)*. Obývají suché a teplé stepní biotopy. Jsou to noční dravci. V jižní Evropě žije **solifuga egejská** *(Galeodes graecus)*.



Solifuga egejská

◇ **Sekáči** *(Opilionida)* mají malé tělo a mimořádně dlouhé kráčivé nohy. Jsou neobyčejně pohybliví. Mimořádný smysl má pro sekáče **autotomie**, tj. schopnost odvrhnout končetinu, která má schopnost se pohybovat trhavými pohyby a poutat tak pozornost útočníka. Patří mezi ně např. **sekáč domácí** *(Opilio parietinus)* a **sekáč rohatý** *(Phalangium opilio)* s rohovitým výrůstkem na chelicerách.

Sekáč rohatý

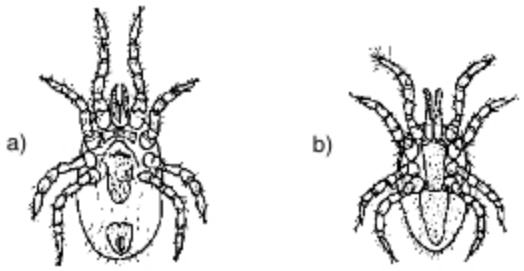
◇ **Roztoči** *(Acarina)* jsou drobní pavoukovci, u nichž **hlavohruď** zpravidla **srůstá se zadečkem** v jediný nečlánkovaný celek, krytý jemnou zřasenou kutikulou. Ústní ústrojí mají kousavé, nebo bodavě savé. V dospělosti mají **4 páry noh**, jejich raná larvální stadia pouze 3 páry noh. Jsou rozšíření prakticky po celém světě.

Někteří roztoči působí škody na zásobách potravin i na kulturních rostlinách, jsou obávanými cizopasníky *(prašivina, svrab)*, přenašeči původců chorob *(např. encefalitidy)*.

Klíště obecné *(Ixodes ricinus)* žije v listnatých lesích do výšky 800 m n. m. Samička klade oplozená vajíčka, z nichž se vyvíjejí larvy. Ty sají krev na drobných savcích, ještěrkách, ptácích. Po nasátí krve se mění v nymfy a v dospělé klíště, které je mimořádně odolné proti strádání hladem. Tělo samičky je kryto zřasenou kožovitou kutikulou, umožňující při nasátí značně zvětšit objem. Krev sají bodavě sacím ústrojím, jehož součástí je **chobotek** *(hypostom)* se zpětnými háčky. Současně vypouštějí enzym **ixodin**, bránící srážení krve. Bodnutí klíštěte není bolestivé, může však způsobit komplikace zhnisáním ranky. Hlavním nebezpečím je přenos klíšťové encefalitidy, klíštěcí borreliózy, příp. tularemie. V přírodě jsou původci chorob přenášeni z nakažených zvířat na zvířata zdravá, čímž se udržuje **ohnisko nákazy**.

• Klíště neodstraňujte násilím! Osvědčilo se krouživé mnutí vlhkou vatou s mýdlem. Ranku dezinfikujte jodovou tinkturou, která ničí možné původce druhotné infekce.

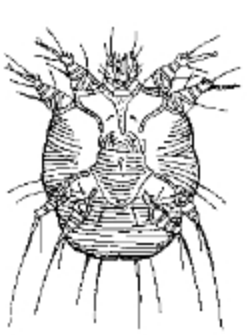
Čmelík kuří *(Dermanyssus gallinae)* – ektoparazit slepic, jimž saje krev *(význam popelení drůbeže!)*.



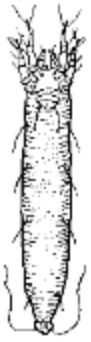
Čmelík kuří – pohled z břišní strany; a) samička, b) sameček

Zákožka svrabová *(Sarcoptes scabiei)* způsobuje u osob žijících ve špatných hygienických podmínkách kožní onemocnění svrab. Samičky zákožky si vyvrtávají v pokožce chodbičky, v nichž kladou vajíčka.

Vlnovník révový *(Eriophyes vitis)*, způsobuje chorobné plstnatění révy vinné. Asi 430 druhů vlnovníků jsou škůdci rostlin.



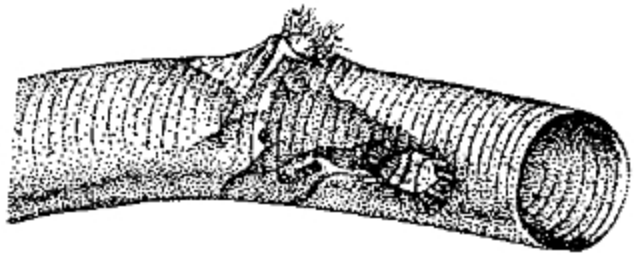
Zákožka svrabová



Vlnovník révový

Trudník tukový *(Demodex folliculorum)*. Žije v kožních mazových žlázách v obličeji. Způsobuje **trudovinu**.

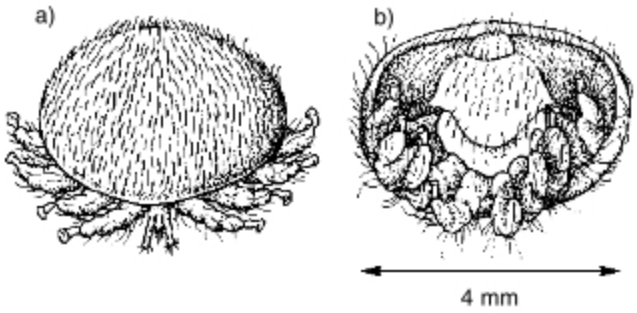
Roztočík včelí *(Acarapis woodi)* cizopasí v 1. a 2. hrudním páru včelích vzdušnic, v nichž saje hemolymfu. Napadené včely ztrácejí schopnost koordinace letového svalstva, nemohou létat a hynou.



Roztočík včelí
saje hemolymfu v 1. a 2. páru vzdušnic včely medonosné

Varroa včelí *(Varroa jacobsoni)* je novým druhem naší fauny *(teprve od roku 1982)*. Je úporným parazitem vývojových stadií včely medonosné. Vývojový cyklus má téměř totožný s ontogenezí včely. Larvám saje jejich hemolymfu. Včely se líhnou oslabené, deformované, mají kratší život. Parazit se v napadených včelstvech rychle množí. Český včelařský výzkum vyvinul léčiva *(Taktik, Gabon)* i metodiku, jimiž je možno varroáze čelit. Bez léčení včelstvo během 4–5 let hyne.

Roztoč varroa přenáší i původce jiných chorob *(houbových a bakteriálních)*, které v oslabených včelstvech propukají v plné míře. Vzhledem k opylovací schopnosti včel je tak ohrožen genofond hmyzosnubných rostlin. Roztoč varroa byl na včelu medonosnou přenesen ze včely indické v oblastech jejich společného chovu. Přirozená rychlost šíření je asi 15–20 km za rok.



Samička roztoče Varroa jacobsoni
a) shora, b) z břišní strany

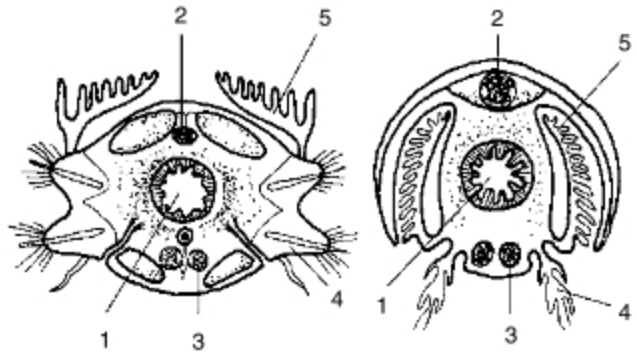
3. pkm.: ŽABERNATÍ *(Branchiata)*

Všechny druhy žabernatých řadíme do jediné třídy – korýši.

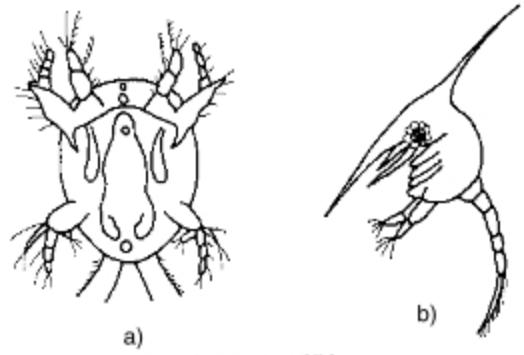
■ **KORÝŠI** *(Crustacea)* jsou primitivní vodní členovci, **dýchající žábrami** *(výjimečně celým povrchem těla, např. buchanky)*. Mají dva páry tykadel. Dalším jejich charakteristickým znakem jsou **rozeklané končetiny**, které mají nejen na zpravidla srostlé hlavohrudi, ale **i na zadečku**.

Povrch těla mají kryt **krunýřem**, který je prostoupen vápenatými solemi. **První dva páry** hlavových **končetin** korýšů jsou přeměněny **v tykadla**, **další tři páry** pak **v kousací ústroje** *(jeden pár* **kusadel** */mandibuly/ a dva páry* **čelistí** */maxily/)*. Jsou odděleného pohlaví a mají vývoj nepřímý *(larva* **nauplius**, *u krabů dokonalejší larva* **zoëa**), pouze **raci** mají **vývoj přímý**. Všichni korýši mají mimořádně vyvinutou schopnost rozmnožování. Tvoří podstatnou složku vodní biomasy s nesmírným významem pro život ve vodních ekosystémech.

Mezi **nižší korýše** řadíme žábronožky, lupenonožce, lasturnatky, klanonožce, kapřivce a svijonožce.



Srovnání polohy ústrojů mnohoštětinatce a raka na příčném řezu tělem
1 – střevo, 2 – cévní soustava, 3 – nervový provazec, 4 – parapodium/noha, 5 – žábry



Larva korýšů
a) nauplius, b) zoëa kraba

◇ **Perloočka hrotnatka obecná** *(Daphnia pulex)* má ze stran **zploštělé tělo**. Její **přílbovitá hlava** vybíhá na břišní straně v hrotitý výběžek. Hruď s končetinami je ukrytá ve **dvouchlopňové schránce**. Ze stran zploštělý zadeček bez končetin je na břišní straně těla ohnutý pod hruď. První pár tykadel *(antenuly)* hrotnatky je malý a zakrnělý a má funkci chemoreceptoru. Po stranách hlavy přisedají mohutná **rozvětvená tykadla** *(antény)* s dlouhými veslovacími brvami a mohutnou svalovinou. Na hlavě perloočky je nápadné, černě pigmentované **oko**. Po stranách hlavy je ještě malá pigmentová skvrnka, která je zbytkem tzv. *naupliového oka larvy.* Hruď perlooček má **5 párů lupenitých rozeklaných nožek** s žaberními přívěsky. Jimi perloočky filtrují mikroskopické planktonní organizmy *(bakterie, bičíkovce, jednobuněčné řasy, detritus)* a dopravují je **k ústnímu otvoru**. Hrotnatka hrudníma **nožkama pohybuje**, čímž si zajišťuje trvalý přísun potravy a prokysličené vody. Na zadečku hrotnatky jsou dva dobře viditelné drápky a dvě podélné řady trnů, mezi nimiž vyúsťuje **řitní otvor**. Hřbetní část zadečku má výrůstky, uzavírající **plodovou komůrku**, nacházející se mezi hřbetní stranou hrudi a skořápkou. V ní se při partenogenetickém rozmnožování vyvíjejí zárodky a koncem léta i oplozená vajíčka v obalech *(efipia)*.

Pod mikroskopem je svým zelenohnědým zbarvením nápadná **trávicí trubice**. Začíná ústním otvorem se žvýkacím ústrojím. Střevo prochází tělem přímo. V hlavové části do něho ústí **hepatopankreatická žláza**.

Ve hřbetní části hrudi za hlavou je zřetelně tepající váčkovité **srdce** s jediným párem otvůrků *(ostia)*.

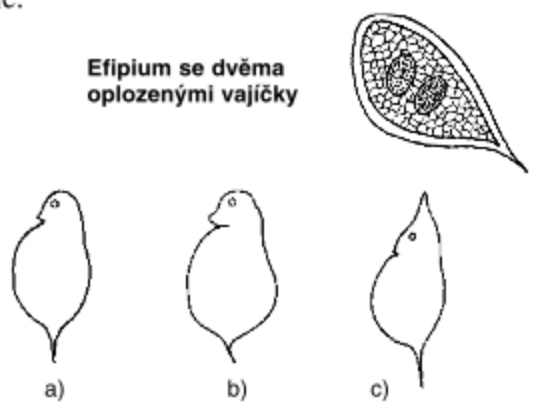
Nervová soustava hrotnatky je typu **žebříčkovité gangliové nervové soustavy**.

Pro perloočky je typická **partenogeneze** *(rozmnožování samiček bez účasti samečků)*, při níž vznikají z diploidních vajíček opět jen samičky.

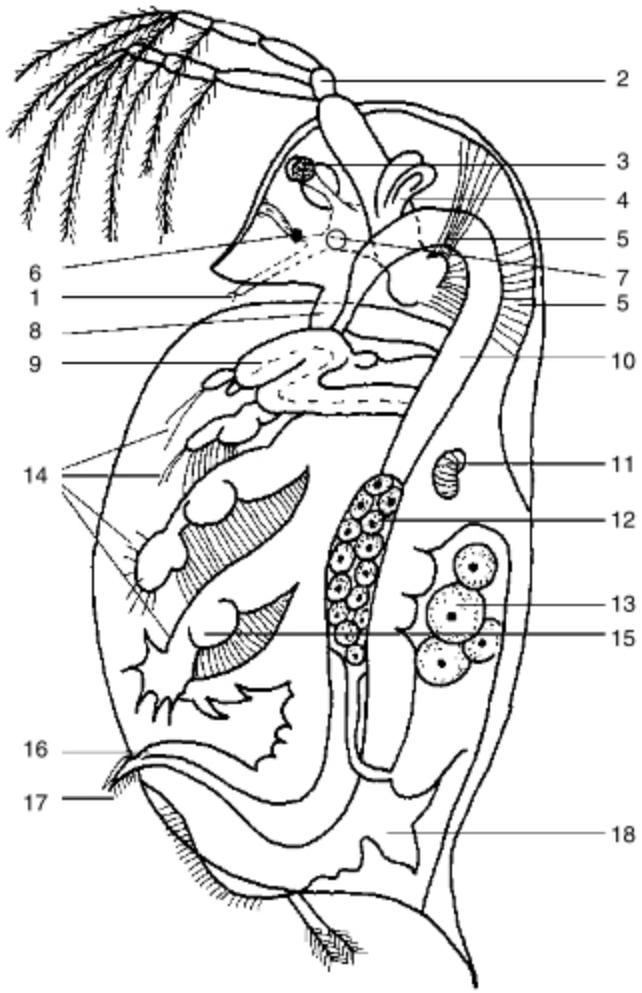
Koncem léta *(při poklesu teploty pod 15 °C, nedostatkem výživy, příp. nižší intenzitou světla)* dochází k tvorbě haploidních vajíček. Z nich vznikají drobné **samičky** a samečkové. Oplozená trvalá vajíčka jsou v obalech *(efipia)*, které je chrání před vyschnutím a vymrznutím. **Efipia** lnou k peří vodních ptáků, dosedajících na hladinu. Efipií bývá na podzim obrovské množství. Přečkávají nepříznivé

životní podmínky zimy. Na jaře se z nich uvolňují oplozená vajíčka, která dávají vznik další generaci partenogeneticky se rozmnožujících samiček.

Popisovaný druh **hrotnatka obecná** *(Daphnia pulex)* je hojná ve sladkých vodách celé severní polokoule.



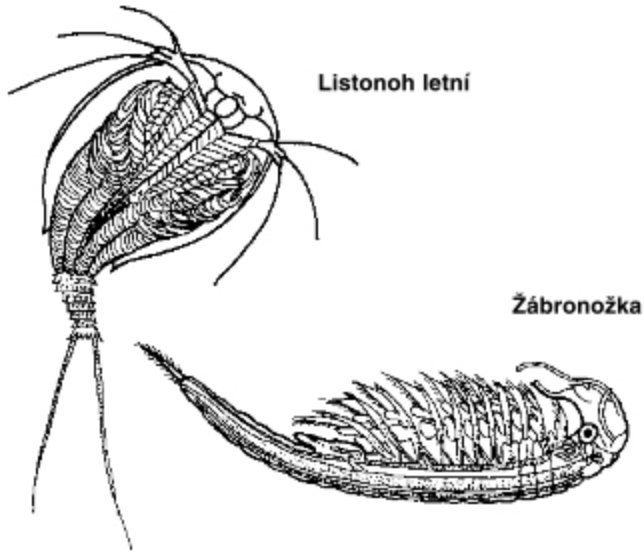
Sezonní proměna tvaru těla hrotnatky jezerní
a) jarní forma se zaoblenou hlavou, b) přechodná forma, c) letní forma s hrotitou hlavou



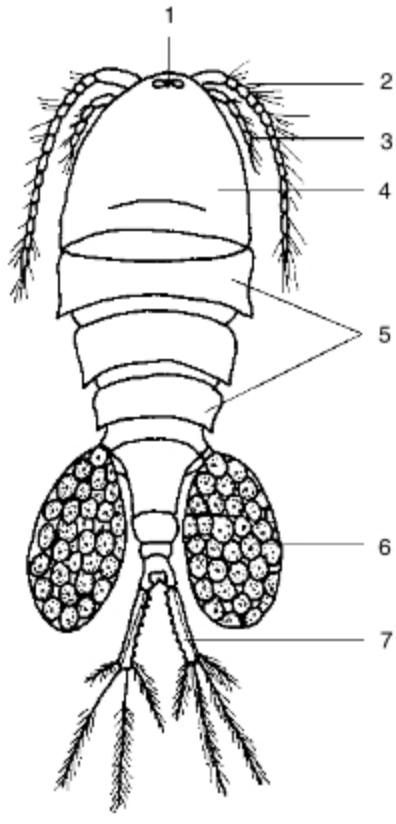
Anatomie hrotnatky obecné
1 – první pár tykadel *(antenuly)*, 2 – druhý pár tykadel *(anteny)*, 3 – oko, 4 – hepatopankreas, 5 – pohyblivé svlastvo, 6 – naupliové oko, 7 – mozková zauzlina, 8 – kusadla, 9 – čelistní žláza, 10 – střevo, 11 – srdce, 12 – vaječník, 13 – plodová komůrka s vyvíjejícími se vajíčky, 14 – hrudní nožky, 15 – žaberní lupínek s filtračními brvami, 16 – otvor řitní, 17 – furkální drápky, 18 – uzávěr plodové komůrky

◇ **Žábronožky** *(Anostraca)* – jsou ze stran zploštělí živočichové o velikosti do 30 mm. Obyvatelé periodických tůní s nesmírně odolnými a životaschopnými vajíčky. Např. **žábronožka sněžní** *(Chirocephalopsis grubei).*

◇ **Listonožky** *(Notostraca)* – jsou živočichové s krycím plochým hřbetním štítem. Mají obdobné ekologické nároky jako žábronožky. Jsou dravci, živící se vodními bezobratlými, případně i drobnými pulci. Jejich vajíčka snášejí vyschnutí i vymrznutí. Například **listonoh jarní** *(Lepidurus apus).*



◇ **Buchanky** *(Copepoda)* jsou druhy zpravidla mořské. Avšak jejich zástupci patří k nejhojnějším planktonním korýšům i u nás. Na rozdíl od perlooček se ve vodních nádržích vyskytují po celý rok *(tedy i pod ledem).*

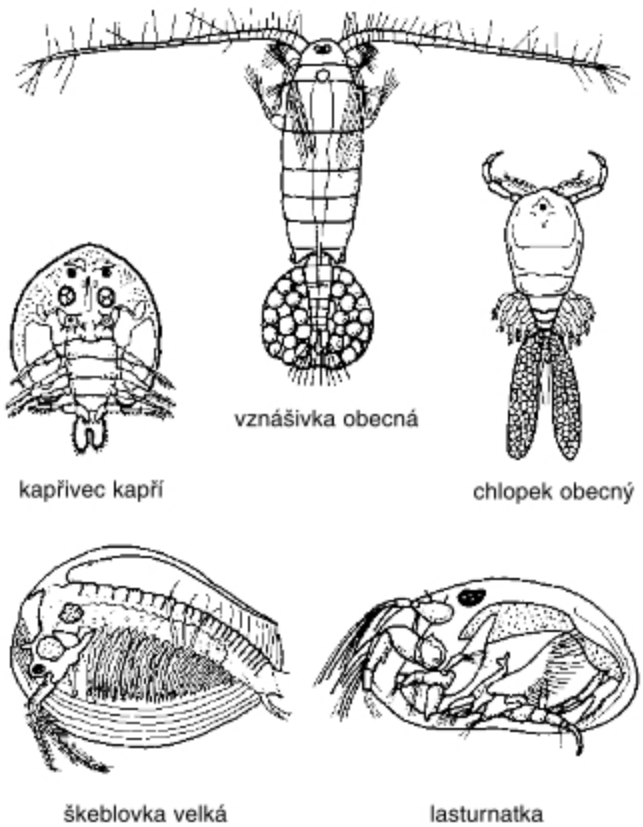


Anatomie buchanky obecné
1 – oko
2 – první pár tykadel
3 – druhý pár tykadel
4 – hlavohruď
5 – volné hrudní články
6 – váček s vajíčky
7 – vidlička *(furka)*

Jejich tělo nemá žádnou skořápku. Je tvořeno vejčitou hlavohrudí a úzkým článkovaným zadečkem bez končetin. Dýchají celým povrchem těla *(nemají tedy žábry, ale ani srdce).* Tělesná tekutina je poháněna stahy střeva. Na hlavohrudi jsou nápadné mohutně vyvinuté antenuly se smyslovými brvami a jednoduchá naupliová očka. U nás je běžná **buchanka obecná** *(Cyclops strenuus).* Její samičky nesou po stranách zadečku dva hroznovité váčky s vajíčky. Dlouhé, do stran rozprostřené antenuly má **vznášivka obecná** *(Eudiaptomus vulgaris).*

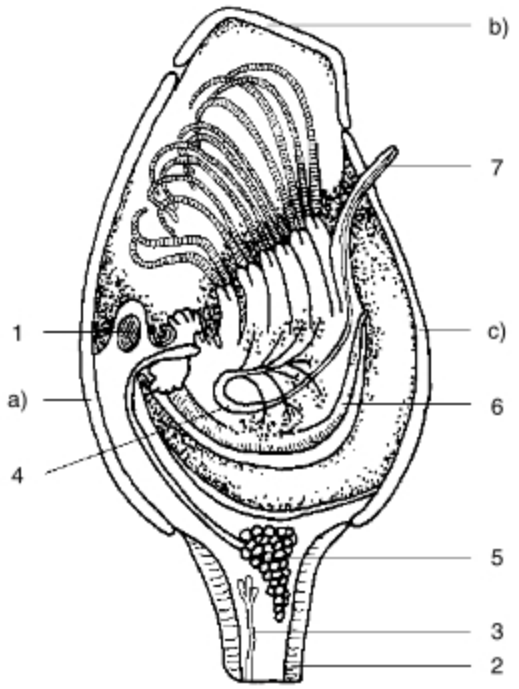
Z cizopasných druhů buchanek je znám **chlopek obecný** *(Ergasilus sieboldi).* Jeho oplozené samičky sají krev na žábrách ryb, jež oslabují a současně vytvářejí vstupní bránu druhotným plísňovým onemocněním.

◇ **Kapřivci** *(Branchiura)* jsou ektoparaziti ryb. Mají lupínkovitě zploštělé tělo, shora kryté hřbetním oválným štítkem. Dýchají celým povrchem těla. Cizopasí na rybách, příp. na pulcích. Nejběžnější je **kapřivec plochý** *(Argulus foliaceus).*



Nižší korýši
Lasturnatky a škeblovky mají ze stran zploštělé tělo ve dvouchlopňové vejčité lasturce

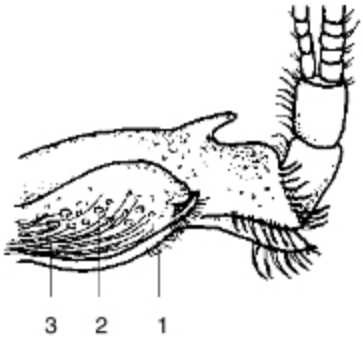
Svijonožci jsou přisedlí mořští živočichové. **Vilejš stvolnatý** *(Lepas anatifera)* uzavírá vápencovitými destičkami vnitřní prostor své plášťové dutiny, což mu umožňuje určitou dobu přežívat i mimo vodu *(např. za odlivu).*



Vilejš stvolnatý
1 – sval svírající skořápky, 2 – stopka, 3 – cementační žláza, 4 – varle, 5 – vaječník, 6 – střevo, 7 – penis
a), b), c) – skořápky, tvořící schránku vilejše

Vývojově dokonalejší jsou **korýši vyšší**. Systematicky patří do třídy **rakovci**.Všichni mají **tělo kryto pevným krunýřem** a zpravidla **složené z 21 článků** *(přitom 6 článků tvoří hlavu, 8 hruď a 7 zadeček).* Končetiny mají vyvinuty i na zadečkových článcích.

Rak říční *(Astacus astacus)* dosahuje velikosti do 20 cm. Jeho tělo je olivově zelené, je kryto kutikulárním krunýřem a rozlišeno na hlavohruď a zadeček. *(Při usmrcení raka ve vřelé vodě se toto barvivo rozloží, vystoupí krustaceorubin a rak zčervená.)* **Krunýř** raka *(karapax)* je na průřezu válcovitý a je zpevněn vápenatými solemi. Vpředu krunýř vybíhá ve špičatý výběžek. Krunýř raka omezuje v růstu a je během života mnohokrát **svlékán**. Během svlékání raci nepřijímají potravu a bývají skryti v úkrytu do doby, než krunýř ztvrdne. Svlékání je **řízeno hormonálně** *(hormon ekdyson).* Souvislost se svlékáním raka mají čočkovitá vápencovitá tělíska v postranních výběžcích žaludku, tzv. **rakůvky**. Z nich rak v době svlékání doplňuje minerální soli pro inkrustaci krunýře. Hlava i hruď raka jsou s krunýřem srostlé nepohyblivě *(význam stopkovitých očí!).* Hrudní články přirůstají pouze na hřbetní straně. Po stranách račího těla tak vzniká dutina, v níž jsou uloženy lupínkovité **žábry**. Zadeček raka je rovný, tvořený 7 články *(včetně posledního, vějířovitého telsonu)*, které na sebe nasedají taškovitě tak, že v případě nebezpečí umožňují rychlé podsunutí zadečku pod tělo a únik do bezpečí zpětným pohybem. Každý tělní článek raka nese jeden pár končetin *(celkem 19 párů).* Všechny jsou dvouvětvé.



Statický orgán v základním článku račího tykadla
1 – citlivé brvy, 2 – statolity, 3 – nervová vlákna

Ústním ústrojím zpracovaná potrava postupuje hltanem a jícnem do přední části žaludku, jehož stěna je silně chitinizována a slouží k jejímu dalšímu rozmělňování. Do zadní části žaludku ústí mohutná **slinivkojaterní žláza** *(hepatopankreas)*. V bočních stěnách této části žaludku jsou již zmíněné rakůvky.

Rak **dýchá žábrami**, které jsou umístěny po stranách těla v žaberní dutině pod krunýřem. Jsou neustále omývány proudem okysličené vody, který je vytvářen vířením čelistních nožek.

Otevřená cévní soustava raka má vakovité srdce. Hemolymfa je bezbarvá *(obsahuje měď)*.

Nervová soustava raka je **gangliová**, žebříčkovitého typu. Ze smyslových ústrojů raka jsou nápadné stopkaté oči.

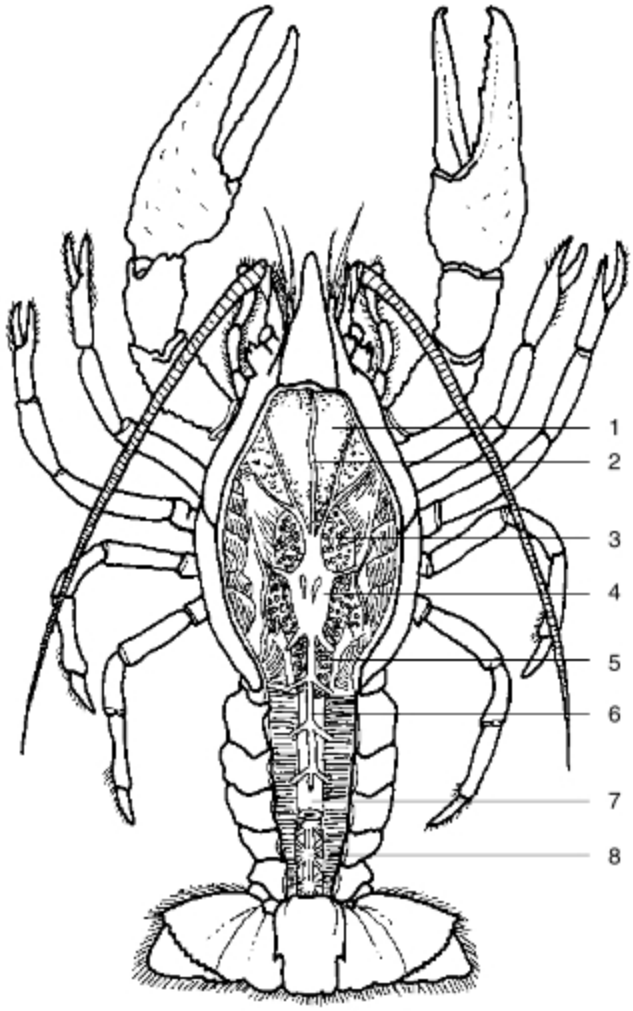
Raci jsou **odděleného pohlaví s vývojem přímým**. Samečkové dospívají ve třetím, samičky ve čtvrtém roce. Samička klade kolem 200 vajíček. Přilepuje si je k zadečkovým nožkám, kde se vyvíjejí do června následujícího roku. Raci mají značně vyvinutou regenerační schopnost.

Raci říční žijí v čistých a prokysličených tekoucích vodách *(rovněž viz barevná obrazová příloha)*. Kromě rostlinné potravy se živí vodním hmyzem, obojživelníky i potěrem. Jsou chráněni zákonem.

V horských potocích žije drobnější **rak kamenáč** *(Astacus torrentium)*. V místech vyhynutí raka říčního v důsledku račího moru se vyskytuje odolnější introdukovaný druh **rak bahenní** *(Astacus leptodactylus)*. Zavlečené druhy, např. invazní severoamerický **rak pruhovaný** (*Orconectes limosus*), šíří plísňová onemocnění, na která je sám rezistentní.

Při evropském pobřeží Atlantiku a Středozemního moře žijí mořští raci **humři** s nestejně velkými a mimořádně silnými klepety. Jsou to noční živočichové s mohutným krunýřem. Např. **humr evropský** *(Homarus gammarus)*.

Humr evropský



Anatomie raka říčního
1 – žaludek, 2 – přední tepna, 3 – slinivkojaterní žláza, 4 – srdce, 5 – zadní tepna, 6 – játra, 7 – střevo, 8 – nervové uzliny

Další velmi početnou skupinou mořských rakovců jsou **krabi**.

Mají hlavohruď se širokým a krátkým štítem a zadeček krátký a ohnutý pod hlavohruď, např. **krab obecný** *(Carcinus maenas)*.

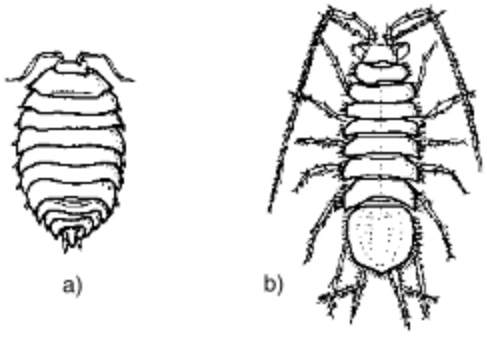
Krab obecný

Na dně stojatých, příp. mírně tekoucích vod se rozkládajícími rostlinnými zbytky živí **beruška vodní** *(Asellus aquaticus)*.

Oba níže uvedené druhy korýšů jsou pozoruhodné svým suchozemským způsobem života. Řada druhů má vzdušnicové plíce.

Stínka obecná *(Porcellio scaber)* dosahující velikosti 15 mm, žije běžně ve sklepích, v tlejícím listí, pod kůrou a pod kameny ve vlhkých biotopech. Její

příbuzná **svinka obecná** *(Armadillidium vulgare)* naproti tomu obývá místa mnohem sušší. Má silně vyklenuté tělo, které jí umožňuje svinutí do kuličky.



Stejnonožci
a) stínka, b) beruška vodní

Tělo bez inkrustace a zploštělé ze stran mají mořské **krevety** a **garnáti**. Nevyvinutá klepeta, avšak silně inkrustovaný krunýř a mimořádně chutné maso, mají **langusty**. Maso těchto druhů se zpracovává do konzerv.

Blešivec obecný *(Gammarus pulex)* je významnou součástí potravy pstruhů. Pro náročnost na kvalitu vody jsou blešivci bioindikátory její kvality. Plavou nebo skáčí charakteristicky na boku. Chovatelé akvarijních ryb a barevných kanárů používají sušených blešivců jako doplňkového krmiva.

Závěr:

Korýši mají podobně jako vyhynulí mnohoštětinatci stejný způsob života, dýchání i umístění žaber. Dvouvětevnost jejich končetin je obdobou dvoulaločného parapodia mnohoštětinatců.

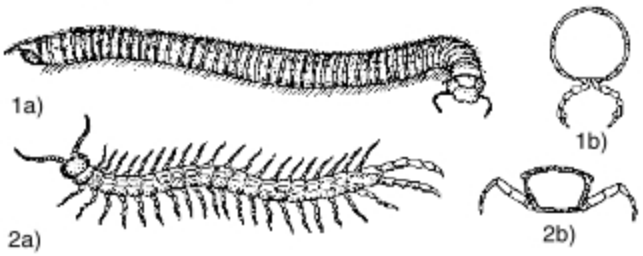
4. pkm.: **VZDUŠNICOVCI** *(Tracheata)*

Vzdušnicovci jsou členovci, dýchající rozvětvenou **soustavou vzdušnic** *(trachejí)*, která prostupuje celým jejich tělem. Při tomto systému dýchání je **kyslík předáván přímo tkáním**, bez prostřednictví krvomízy *(hemolymfy)*. Stěna vzdušnic je tvořena tenkou biomembránou, umožňující snadnou výměnu plynů. Vzdušnicovci mají na hlavě pouze **jeden pár tykadel** a **nohy** mají vždy **nerozvětvené**. V drtivé většině jde o druhy suchozemské.

Řadíme sem **stonožkovce** (*stonožky a mnohonožky*) a **šestinohé** (Hexapoda). Z šestinohých ***skrytočelistní*** chvostoskoci mají ústní ústrojí hluboce zanořené do hlavové schránky a ***jevnočelistní*** ústní ústrojí zanořené nemají (Hmyz).

■ **MNOHONOŽKY** *(Diplopoda)* mají tělo protáhlé, válcovité, na průřezu kruhovité. Je složeno z velkého počtu článků, vzniklých srůstem dvou článků původních. Mají tedy na každém tělním článku po dvou párech drobných noh a dvou párech stigmat. Nohy mají vkloubeny vespod těla. Na hlavě mají slabá krátká tykadla a pár jednoduchých oček. Pod kameny, pod kůrou, v tlejícím listí žije **mnohonožka slepá** *(Blaniulus guttulatus)*.

■ **STONOŽKY** *(Chilopoda)* mají na rozdíl od mnohonožek své protáhlé tělo shora zploštělé. Na hlavě mají 1 pár tenkých niťovitých tykadel. Každý jejich tělní článek nese pouze jediný pár noh a jeden pár stigmat. První pár je přeměněn v kusadlové nožky s jedovou žlázou. Stonožka jimi omračuje kořist. U nás žijící stonožky dorůstají nejvýše 6 cm. Např. **stonožka škvorová** *(Lithobius forficatus)*. Žije pod kůrou, pod kameny, ve spadeném listí.

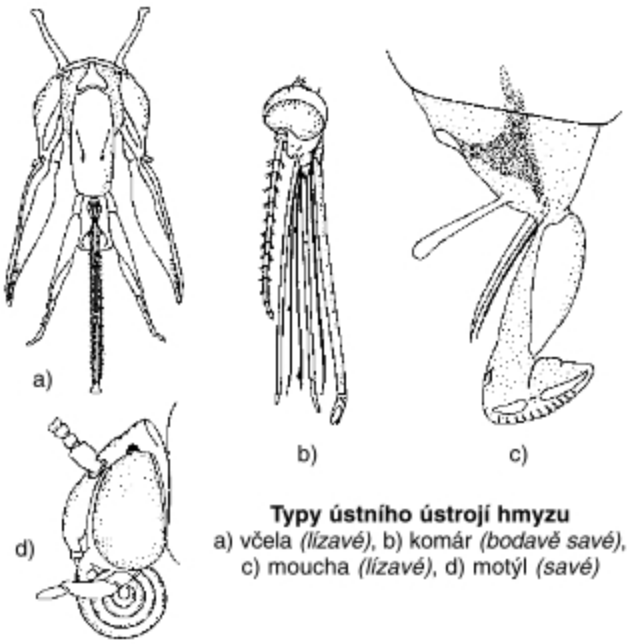


1a) – **Mnohonožka,** 2b) – příčný průřez tělem
2a) – **Stonožka**, 2b) – příčný průřez tělem

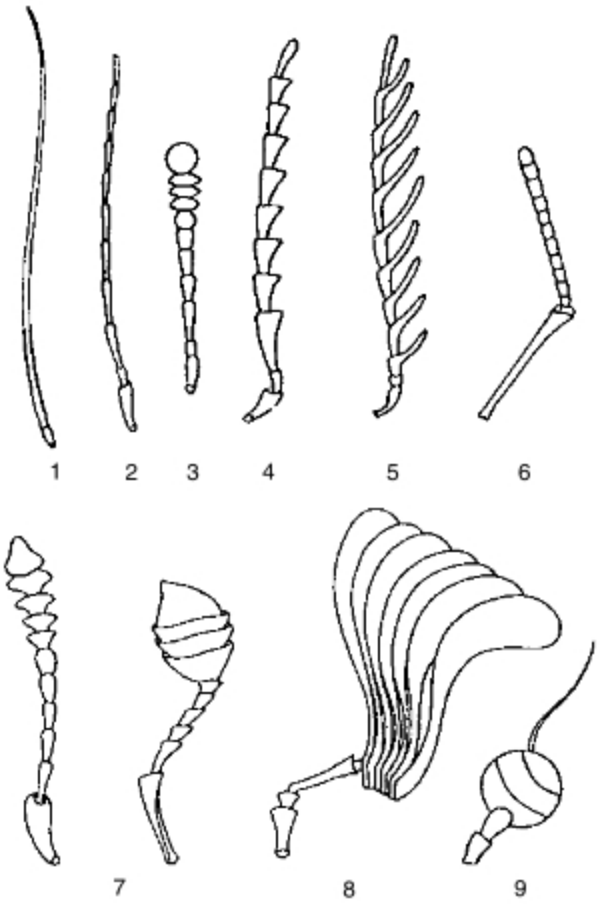
■ **CHVOSTOSKOCI** *(Collembola)* jsou půdní, nejvýše jen několik mm velcí živočichové s 8 jednoduchýma očkama a kousacím ústním ústrojím. Často bývají i pestře zbarveni. Žijí v půdě. Jsou mimořádně významným humusotvorným činitelem. Většina z nich má na zadečku vytvořen skákací aparát. Ve sklepích a v pařeništích je rozšířen **poskok škodlivý** *(Folsomia fimetaria)*. Na hladině stojatých vod žije modravě černá **mákovka vodní** *(Podura aquatica)*.

■ **HMYZ** *(Insecta)* představuje živočišnou třídu suchozemských členovců, k níž patří více než desetinásobek všech dosud popsaných živočišných druhů. Mnohé kladou tisíce vajíček a mívají i několik generací ročně. Řada hmyzích druhů má nevyčíslitelný význam hospodářský i zdravotnický. Např. svou opylovací činností přispívá hmyz k udržení druhové rozmanitosti *(diversita)* genofondu rostlin, a tím k ekologické stabilitě krajiny. Některé druhy poskytují člověku potraviny *(např. včelí med)* i suroviny *(např. včelí vosk, přírodní hedvábí)*. Jiné hmyzí druhy přispívají k udržení hygieny v krajině *(např. chrobáci, hrobaříci)*. Hmyz je činitelem humusotvorným i významnou součástí ekologického potravního řetězce. Řada hmyzích druhů škodí na rostlinách *(např. mšice)*, cizopasí na zvířatech *(střečci)* i na člověku *(blechy, vši)*. Kromě přímých škod způsobují značné nepřímé škody přenosem virós a parazitárních prvoků *(malárie, spavá nemoc)*, znehodnocují potraviny *(švábi, moli, kožojedi atp.)*. Pro všechny druhy hmyzu je společné **nestejnocenné členění těla** *(heteronomní segmentace)*, které je tvořeno 20 *(v embryonálním stadiu 21)* články. Tělní články během fylogenetického vývoje vytvořily tři zřetelně rozlišené celky: hlavu, hruď a zadeček.

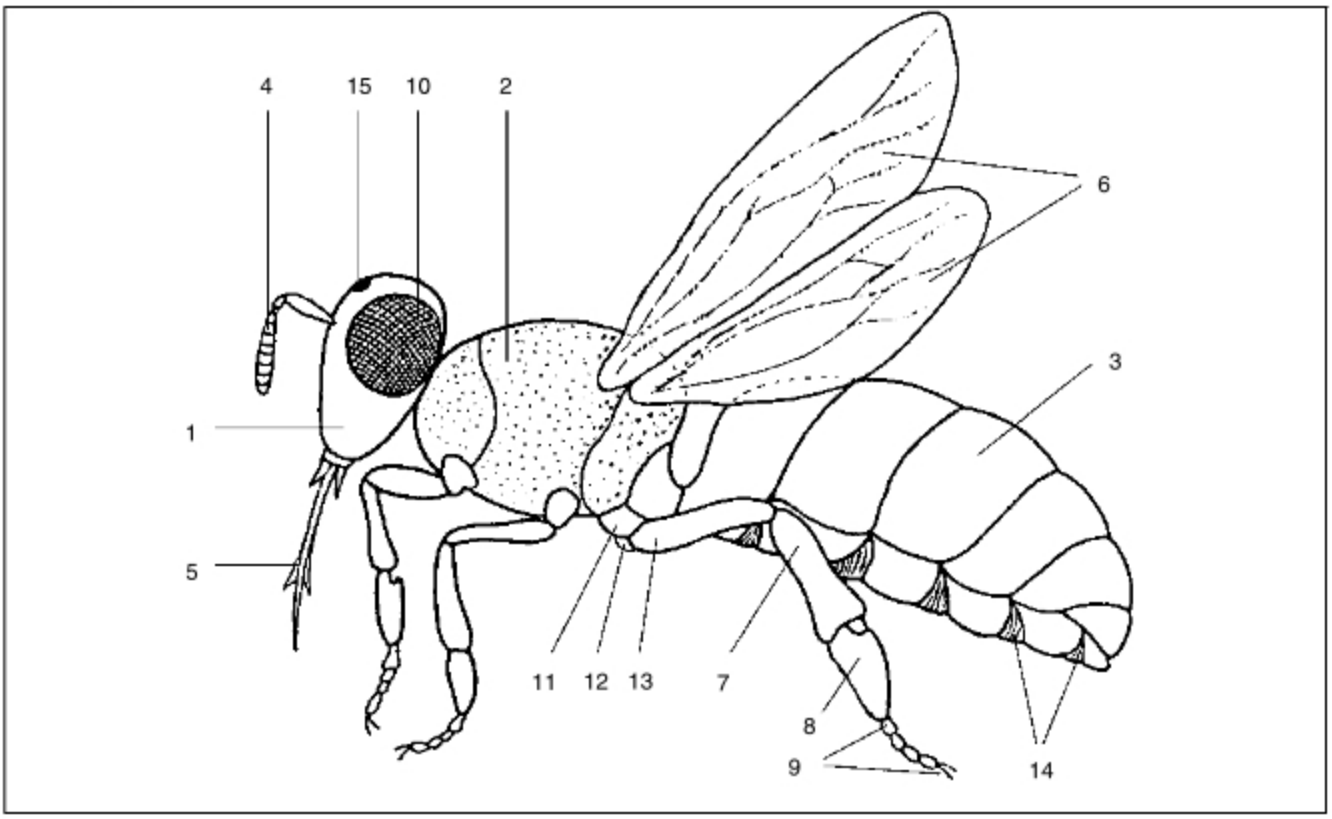
Hlava hmyzu *(caput)* vznikla srůstem 6 článků. První nese obvykle jeden pár složených očí, druhý jednovětevná tykadla, třetí hlavový článek je bez přívěsků, čtvrtý nese pár jednočlenných kusadel, pátý párové čelisti s makadly a poslední spodní pysk s makadly. Popsané ústní **ústrojí kousavé** je základním typem. V závislosti na způsobu přijímání potravy mají některé druhy hmyzu modifikované ústní ústrojí, např. **savé** *(motýli)*, **lízavé** *(včely)*, **bodavě savé** *(komáři, mšice)*. Hlava hmyzu je vždy zřetelně oddělena od hrudi, k níž nasedá zúženou krční částí *(colum)*.



Typy ústního ústrojí hmyzu
a) včela *(lízavé)*, b) komár *(bodavě savé)*, c) moucha *(lízavé)*, d) motýl *(savé)*



Typy hmyzích tykadel
1 – štětinkovitá, 2 – nitkovitá, 3 – paličkovitá, 4 – pilovitá, 5 – hřebenitá, 6 – lomená, 7 – paličkovitá, 8 – vějířovitá, 9 – osinovitá



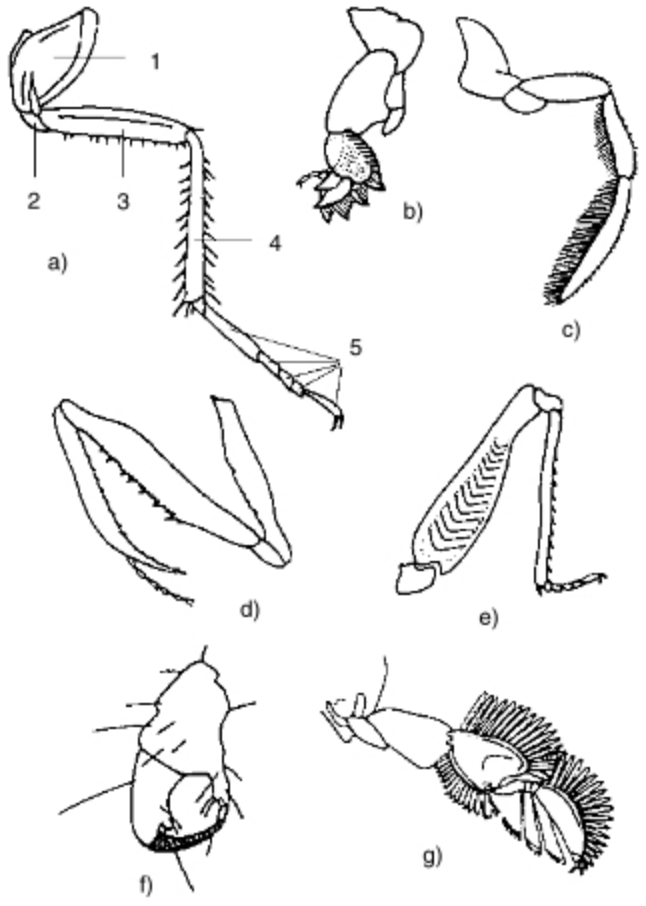
Stavba těla hmyzu – včela medonosná
1 – hlava, 2 – hruď, 3 – zadeček, 4 – tykadlo, 5 – sosák, 6 – blanitá křídla, 7 – holeň, 8 – první článek chodidla *(tzv. pata)*, 9 – zbývající chodidlové články, 10 – složené oko, 11 – kyčel, 12 – příkyčlí, 13 – stehno, 14 – voskové šupiny, 15 – jednoduché oko

Hruď hmyzu *(thorax)* je tvořena třemi články: předohrudí, středohrudí a zadohrudí. U dospělců nese každý z těchto článků pár článkovaných končetin – noh. Základní typ – **končetina kráčivá** se skládá z **kyčle** *(coxa)*, **příkyčlí** *(trochanter)*, **stehna** *(femur)*, **holeně** *(tibia)* a pětičlenného **chodidla** *(tarsus)* s drápky. Nohy některých druhů hmyzu bývají přizpůsobeny k různým úkonům, např. ke skákání *(blecha, kobylka)*, hrabání *(krtonožka)*, plování *(vodomil)*, k rychlému běhu *(střevlík)* nebo k přichycování se k srsti živočichů *(veš)*. Na středohrudi a zadohrudi bývá po páru křídel. Evolučně jsou to vychlípeniny pokožky, protkané soustavou podélných a příčných ztluštěnin *(žilek)* s funkcí zpevňovací. Zasahují do nich i tracheje, nervová vlákna a cévy. Struktura žilnatiny křídla je druhově charakteristická. Hmyz má oba páry křídel zpravidla víceméně stejné a blanité. Některé druhy mají první pár tužší, kožovitý, se zachovanou žilnatinou ***(krytky** kobylek)*, jindy křídla v přední části tuhá a v zadní blanitá ***(polokrovky** ploštic)*, brouci mají přední pár křídel přeměněn ve zchitinizované **krovky**, chránící druhý, blanitý pár a svrchní část zadečku. Křídla motýlů jsou kryta taškovitě poskládanými barevnými šupinkami. Samičkám švábů křídla během ontogeneze zakrňují. U dvoukřídlého hmyzu *(mouchy)* je druhý pár křídel zredukován na **kyvadélka** *(haltery)*. Některé hmyzí řády druhotně ztratily křídla v důsledku parazitického způsobu života *(blechy, vši)*. Nejprimitivnější řády hmyzu *(Apterygota)* nemají křídla ještě vyvinuta *(např. z mnohých domácností známé rybenky)*.

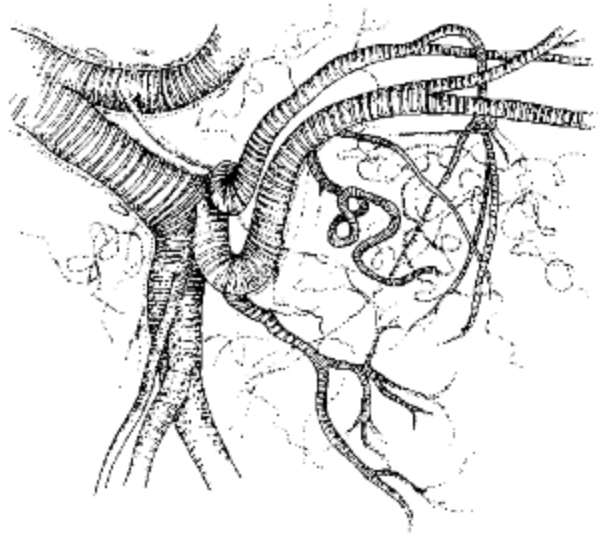
Zadeček hmyzu *(abdomen)* mívá 6 až 11 článků. Primitivní skupiny hmyzu a některé larvy mají na zadečku zbytky končetin. Samičky některých druhů mívají na zadečku **kladélko** *(kobylky)*, **žahadlo** s jedovou žlázou *(vosy)* nebo **přívěsné štěty** *(škvoři)*.

Jednovrstevná **pokožka** hmyzu *(hypodermis)* vylučuje na povrch chitinovou kutikulu s funkcí ochrannou a opornou *(vnější kostra)*. Barva těla hmyzu je dána obsaženými pigmenty, příp. strukturou povrchu.

Hmyz přijímá potravu **ústním ústrojím**. K jejímu hrubému drcení slouží **kusadla**, k jemnějšímu zpracování **čelisti**, posunující potravu do ústní dutiny, kam vyúsťují i **slinné žlázy**. Následuje svalnatý **hltan** a trubicovitý **jícen**, rozšiřující se ve vole. Následuje žvýkací žaludek *(proventrikulus)* s kutikulárními výrůstky, jimiž se u druhů s kousavým ústním ústrojím dokončuje rozmělňování potravy. K vlastnímu trávení dochází ve žláznatém žaludku se slepými výběžky. Následuje střevo rozšířené v konečník, vyúsťující řitním otvorem. K vylučování rozpustných metabolitů slouží **Malpighiovy trubice** *(až 150)*, ústící do zadní části střeva.



Typy noh hmyzu
a) kráčivá *(šváb)*, b) hrabavá *(krtonožka)*, c) plovací *(znakoplavka)*, d) zavěráková *(kudlanka nábožná)*, e) skákací *(kobylka)*, f) přichycovací *(veš)*, g) plovací *(brouk vírník)*
1 – kyčel, 2 – příkyčlí, 3 – stehno, 4 – holeň, 5 – chodidlo

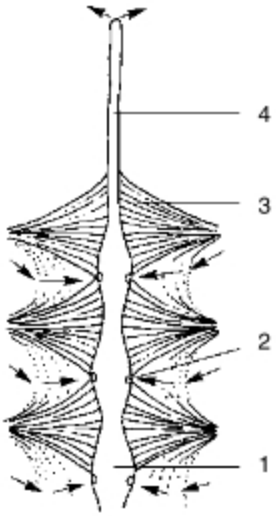


Mikroskopická stavba tracheální soustavy hmyzu

Dýchání hmyzu je zajištěno větvenou **soustavou vzdušnic**, které prostupují až k jednotlivým tkáním. Zasahují dokonce i do žilnatiny křídel. Párové **průduchy** *(stigmata)*, jimiž vzduch přichází do vzdušnicové soustavy jsou uzavíratelné a jsou opatřeny chloupky, bránícími vnikání vzdušných nečistot.

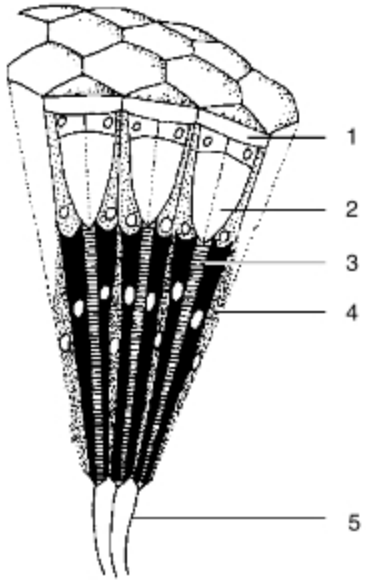
Cévní soustava hmyzu je **otevřená**. Hřbetní céva uložená v zadečku čerpá hemolymfu, která rozvádí živiny, hormony a zplodiny metabolismu *(na přenosu dýchacích plynů se nepodílí!)*.

Srdce hmyzu
1 – srdce
2 – ostium
3 – křídlaté svaly
4 – aorta
Šipky označující směr proudění hemolymfy



Hmyz má **gangliovou nervovou soustavu žebříčkovitého typu**.

Vzhledem k rozvinuté schopnosti rychlého pohybu má hmyz dokonale vyvinuty i smyslové orgány a **instinktivní činnost**. *(Čich je soustředěn na tykadlech.)* Hmatové ústrojí reaguje i na proudění vzduchu. Většina druhů hmyzu má po stranách hlavy vyvinuty i **párové složené oči** *(oculi compositi)*. Jsou tvořeny velkým počtem oček *(omatidií)*.

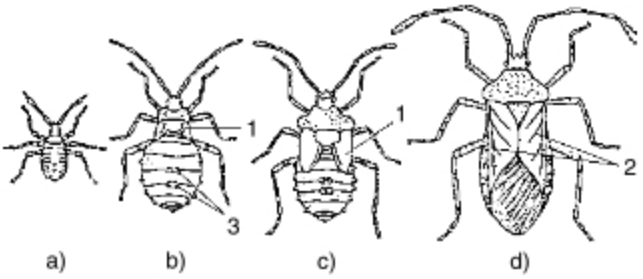


Část složeného oka hmyzu
1 – čočka
2 – křišťálový kuželík *(sklivec)*
3 – sítnicové buňky
4 – pigmentové buňky
5 – nervové vlákno

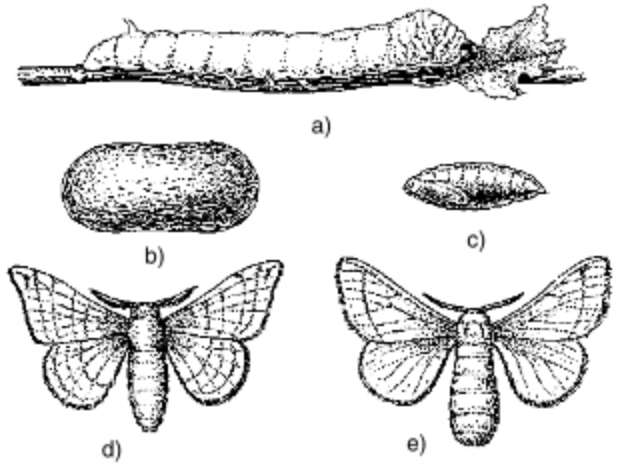
Každé očko snímá pouze část obrazu. Spojením nervových vláken ze všech oček do jednoho zrakového nervu se vytváří tzv. mozaikový obraz. Kromě složených očí mají mnohé druhy hmyzu *(i včela)* i oči jednoduché, jimiž vnímají intenzitu světla *(tzv. „roční“, příp. „denní hodiny“)*. Některé druhy hmyzu mají vyvinuté **orgány sluchové** *(např. kobylky v holeni předních noh)* i **orgány zvukové** *(např. samci kobylek na křídlech prvního páru)*. Hmyz se dorozumívá chemicky *(feromony)*. Je odděleného pohlaví. Rozmnožuje se pohlavně, má vnitřní oplození *(pohlavní spojení se nazývá páření)*. Některé druhy hmyzu mají schopnost rozmnožovat se z neoplozených vajíček *(partenogeneticky)*, např. pakobylky. Mšice střídají generace partenogenetické s generacemi pohlavními *(heterogonie)*. Schopnost rozmnožování v larválním stadiu mají larvy bejlomorek *(pedogeneze)*. Hmyzí samičky kladou zpravidla vajíčka *(oviparie)*. Výjimečně se líhnou larvy již v těle samičky, zpravidla současně při kladení vajíček *(ovoviviparie)*.

Vývoj hmyzu je **nepřímý** a děje se proměnou. Larvy se několikrát za život svlékají. Vývojové stupně *(instary)* jsou od sebe odděleny svlékáním *(ekdyze)*. Celý proces je řízen hormonálně.

Rozlišujeme dva typy vývoje: **proměnu nedokonalou** *(hemimetabolie)*, pro niž je charakteristický vývoj: **vajíčko – nymfa – dospělec** *(např. vážky, jepice, křísi, všekazi...)*. Nymfy postupně dorůstají a s každým svlékáním jsou podobnější dospělému hmyzu. Při posledním svlékání se vyvíjejí pohlavní orgány a křídla. Druhým typem vývoje je **proměna dokonalá** *(holometabolie)* s vřazeným stadiem nepohyblivé kukly. Z vajíček se líhne dospělci nepodobná larva, která je vždy bez křídel a složených očí a má u některých řádů i odlišný typ ústního ústrojí. Je mimořádně žravá, několikrát se svléká, intenzivně roste a nakonec se mění v nepohyblivou kuklu, v níž dokončuje svůj vývoj. Schematicky: **vajíčko – larva – kukla – dospělec**. Tento vývoj mají např. brouci, motýli, dvoukřídlí, blanokřídlí.

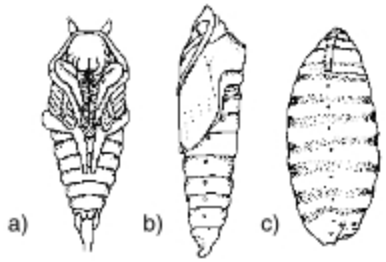


Proměna hmyzu I. – **nedokonalá** *(ploštice)*
a)–c) nymfy, d) dospělec
1 – křídlové pochvy, 2 – polokrovky, 3 – pachové žlázky



Proměna hmyzu II. – **dokonalá** *(bourec morušový)*
a) housenka, b) zámotek *(kokon)*, c) kukla vyjmutá ze zámotku, d) sameček, e) samička

Typy kukel
a) kukla brouka
b) kukla motýla
c) kukla mouchy
(ve zbytku larvální pokožky, tzv. pupárium)



Třída **hmyz** *(Insecta)* je systematicky členěna na dvě podtřídy: **bezkřídlé** *(Apterygota)*, k nimž řadíme šupinušky a na **křídlaté** *(Pterygota)*, k nimž patří ostatní řády hmyzu.

□ **BEZKŘÍDLÍ** *(Apterygota)* – všichni zástupci jsou bezkřídlí primárně. Jejich nedospělá stadia jsou velmi podobná dospělcům, od nichž se liší pouze menším počtem tělních článků.

◇ **Šupinušky** *(Thysanura)* mají vřetenovité tělo kryté šupinkami, kousavé ústní ústrojí a mnohočlánková tykadla. V domácnostech se někdy vyskytuje **rybenka domácí** *(Lepisma saccharina)*, živící se zbytky potravin.

□ **KŘÍDLATÍ** *(Pterygota)* mají na středohrudi a zadohrudi po páru křídel. Některé starobylé skupiny *(jepice, vážky)* nedokáží křídla skládat *(tzv. starokřídlý hmyz)*. Všichni ostatní *(tzv. novokřídlý hmyz)* křídla skládají. Bezkřídlost některých druhů je jevem druhotným, způsobeným kupř. parazitickým způsobem života *(např. vši, blechy)*.

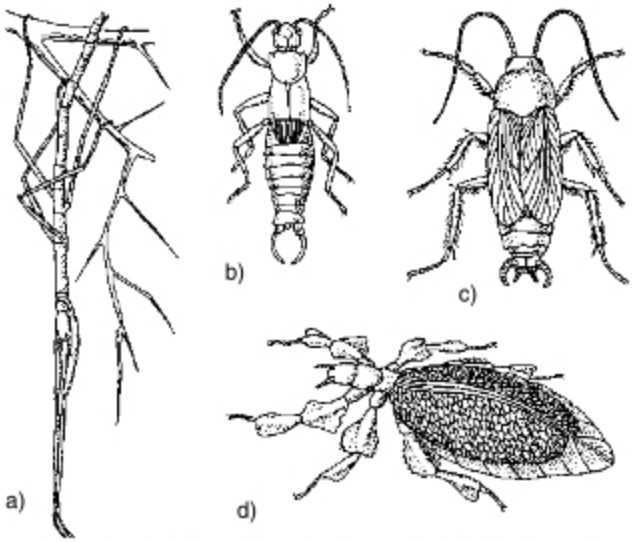
Mezi křídlaté s proměnou nedokonalou patří:

◇ **Jepice** *(Ephemeroptera)* jsou křehký hmyz, žijící v okolí vod. Dospělci mají zakrnělé ústní ústrojí a žijí pouze asi 48 hodin. Larvy některých druhů jepic jsou bioindikátory kvality vody, v níž žijí. Jsou významnou složkou potravy ryb. *Např.* **jepice obecná** *(Ephemera vulgata)*. Základním znakem jepic jsou tři štěty na zadečku u dospělců i nymf. Křídla skládají kolmo nad tělem jako motýli.

◇ **Vážky** *(Odonata)* jsou statný hmyz se štíhlým zadečkem. Často bývají pestře zbarveny. Po stranách hlavy mají velké složené oči a kratinká tykadla. Ústní ústrojí vážek je kousavé. Oba páry křídel jsou blanité, s hustou žilnatinou. V předních zevních rozích křídel mají vážky tmavě pigmentovanou **plamku**. Všechny nohy dospělců směřují dopředu, což umožňuje pohotové lapání kořisti za letu *(lapací koš)*. Vážky zpravidla za letu i kopulují. Samičky kladou vajíčka pod vodou do pletiv vodních rostlin. Vyvíjejí se z nich dravé larvy, které mají velké, složené oči a mohutné kousací ústrojí, v němž vyniká vymrštitelný dolní pysk *(tzv. maska)* Larvy vážek dýchají střevem nebo lupínkovitými tracheálními žábrami na konci zadečku. Voda, vypuzovaná ze střeva, jim umožňuje i rychlý reaktivní pohyb vodním prostředím po balistické dráze. Larvy vážek jsou mimořádně dravé *(žerou i rybí potěr)* a samy slouží jako potrava větším rybám. Druhy vážek s oběma páry křídel přibližně stejné velikosti i tvaru řadíme mezi **motýlice** *(Zygoptera)*. V klidu skládají křídla svisle nad tělem. Druhy robustnější, se silně vyvinutými křídly *(a mohutnějším zadním párem křídel)*, skládanými v klidu vodorovně, řadíme mezi **šídla** *(Anisoptera)*. K nejběžněji se vyskytujícím druhům patří **vážka ploská** *(Libellula depressa)* a **šídlo modré** *(Aeschna cyanea)*.

◇ **Pošvatky** *(Plecoptera)* jsou, podobně jako jepice, svým vývojem vázány na vodu, v níž jejich larvy prodělávají až tříletý vývoj *(svlékají se asi dvacetkrát)*. Vzhledem k nárokům na kvalitu vody, jsou larvy v místech svého výskytu indikátorem její kvality. Jsou vydatným zdrojem potravy ryb, zejména v pstruhovém a lipanovém pásmu. Např. **pošvatka rybářice** *(Perla abdominalis)*.

◇ **Švábi** *(Blattodea)* jsou řád hmyzu, známý již z karbonu. Samičky kladou vajíčka ve společných chitinových pouzdrech *(ootheky)*. Na švábech jsou mimořádně nápadné jejich silné trnité nohy. Většina druhů švábů žije v tropech. Jsou aktivní zejména v noci a jsou všežraví. Vyskytují se zejména v domácnostech, ve skladech, mlýnech a pekárnách. Škodí i nepřímo znehodnocením potravin znečištěním. Např. **šváb obecný** *(Blatta orientalis)* a **rus domácí** *(Blatella germanica)*.

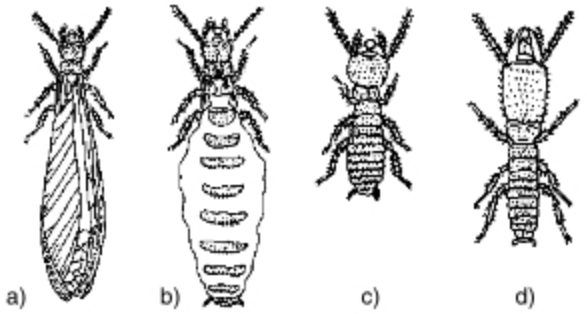


a) pakobylka indická, b) škvor obecný, c) šváb obecný, d) lupenitka *(strašilka)*

◇ **Škvoři** *(Dermaptera)* mají protažené, silně zchitinizované tělo, nitkovitá tykadla a kousavé ústní ústrojí. Zadeček mají zakončen klíšťovitými štěty. Např. **škvor obecný** *(Forficula auricularia)*.

◇ **Kudlanky** *(Mantodea)* jsou dravý, teplobytný hmyz, žijící ve vegetaci jednotlivě. Silně protažená předohruď nese loupeživé nohy. Je u nich znám manželský kanibalismus. Na jihu našeho území žije jediný druh: **kudlanka nábožná** *(Mantis religiosa)*.

◇ **Všekazi** neboli **termiti** *(Isoptera)* jsou společenský hmyz žijící v tropických a subtropických oblastech ve společenstvech čítajících miliony jedinců. Podobně jako mravenci vytvářejí i všekazi pohlavní a nepohlavní kasty *(matky, samečkové, dělníci, vojáci)*, jejichž koordinace ve prospěch celku je řízena feromony. Samičkám po oplození odpadávají křídla a zadeček se mnohonásobně zvětší. Všechny druhy termitů jsou stínobytné *(fotofobní)*, nepigmentované a slepé. Obývají vlastní neprodyšně uzavřené stavby *(termitiště)*, v nichž udržují konstantní teplotu a vlhkost. K potravě se dostávají chodbami, stavěnými z hlíny, písku a dřeva. Stavební materiál lepí vlastními slinami a ten pak tuhne v pevnou hmotu. Mají mohutné kousací ústrojí. Rozežírají vše, kromě železa a kamene. V jejich trávicí soustavě žijí symbiotičtí prvoci, pomáhající jim trávit celulózu. Pro svou žravost jsou termiti obávanými tropickými škůdci. Např. **všekaz jihoevropský** *(Reticulitermes lucifugus)*.



Všekaz jihoevropský
a) pohlavně dospělý okřídlený jedinec,
b) samička po oplození *(ztrácí křídla)*, c) dělník, d) voják

◇ **Strašilky** *(Phasmatodea)* jsou tropický a subtropický býložravý hmyz tvarem a zbarvením napodobující větévky nebo listy. V insektáriích můžeme chovat partenogeneticky se rozmnožující druh **pakobylka indická** *(Carausius morosus)*.

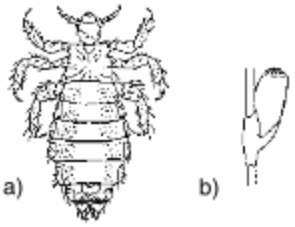
◇ **Rovnokřídlí** *(Orthoptera) (nejnověji jsou místo řádu rovnokřídlí uváděny samostatné řády* ***kobylky*** */Ensifera/ a* ***sarančata*** */Caelifera/)* mají přední křídla přeměněna v kožovité krytky. Druhý pár křídel je blanitý a řasnatě složený. Mají kousavé ústní ústrojí a zadní nohy skákavé. Mezi rovnokřídlé patří: **kobylky** *(Tettigonioidea)* s dlouhými nitkovitými tykadly. Zvukotvorné *(stridulační)* ústrojí samečků je na přední části krytek *(zvuk vydávají třením krytek o sebe)*. Samičky mají šavlovité kladélko. V holeni prvního páru noh kobylek je sluchové *(tympanální)* ústrojí. Jsou masožravé. Např. **kobylka zelená** *(Tettigonia viridissima)*.

Blízcí příbuzní kobylek jsou **cvrčci** *(Grylloidea)*, obývají díry, hloubené v travním drnu. V naší přírodě býval hojně rozšířeným druhem **cvrček polní** *(Gryllus campestris)*. V izolaci teplovodů a parovodů žije **cvrček domácí** *(Acheta domestica)*. V teplejších oblastech ČR se v kořenovém systému zdrnovatělých travních porostů vyskytuje **krtonožka obecná** *(Gryllotalpa gryllotalpa)*, nápadná svýma hrabavýma nohama.

Sarančata *(Acridioidea)* mají tykadla krátká, sluchové ústrojí umístěné v prvním zadečkovém článku. Cvrčivé zvuky vyluzují třením holení třetího páru noh a okrajové žilky krytek. Jsou býložravá. Např. **saranče vrzavé** *(Psophus stridulus)*. Až do Evropy se při přemnožení dostávalo africké a asijské **saranče stěhovavé** *(Locusta migratoria)*.

◇ **Všenky** *(Mallophaga)* jsou bezkřídlý hmyz, žijící ektoparaziticky na savcích a ptácích. Živí se peřím, srstí a částmi pokožky. Např. **luptouš slepičí** *(Menopon gallinae)*.

◇ **Vši** *(Anoplura)* jsou ploché a bezkřídlé, se značně redukovanýma nebo chybějícíma očima. Jsou ektoparazity savců, jimž sají krev. Na nohou mají přidržovací drápky. Samička přilepuje vajíčka *(hnidy)* na srst. Vši jsou přenašeči nebezpečné nákazy člověka – skvrnitého tyfu. Ve vlasech se vyskytuje **veš dětská** *(Pediculus humanus capitis)*; **veš šatní** *(Pediculus humanus corporis)* žije v záhybech šatstva a prádla. Jsou považovány za dva poddruhy, lišící se pouze způsobem života.



Veš šatní
a) samička
b) vajíčko *(hnida)*

◇ **Třásnokřídlí** *(Thysanoptera)* jsou jen asi 1 až 3 milimetry dlouhý hmyz s třásnitými křídly a bodavě savým ústním ústrojím. Způsobují neplodnost květů. Např. **třásněnka modřínová** *(Taeniothrips laricivorus)*.

◇ **Stejnokřídlí** *(Homoptera)* jsou suchozemský hmyz se dvěma páry blanitých křídel, která v klidu skládají střechovitě nad zadečkem. Mají bodavě savé ústní ústrojí. Živí se sáním šťáv z rostlinných pletiv. Často jsou bezkřídlí. Mívají složité vývojové cykly. Mezi stejnokřídlé patří **mery**, **molice**, např. **molice skleníková** *(Trialeurodes vaporariorum)*, **křísi** *(zvuky stridulujících samečků* ***cikád*** *jsou zvukovou kulisou subtropů, nymfy* ***pěnodějek*** *tvoří slinám podobné povlaky bylin)*, **mšice** a **červci.**

Mšice *(Aphidoidea)* jsou drobný hmyz s voskovými žlázami na zadečku. Žijí hromadně na rostlinách, z nichž vysávají živné šťávy. Mívají velmi složitý vývoj. Z oplozených vajíček se líhnou pouze samičky *(zakladatelky)*, množící se partenogeneticky. Pak se líhnou generace okřídlené, které přelétají na nové živné rostliny *(migrace)*. Nadále se množí partenogeneticky. Koncem léta vznikají tzv. genera-

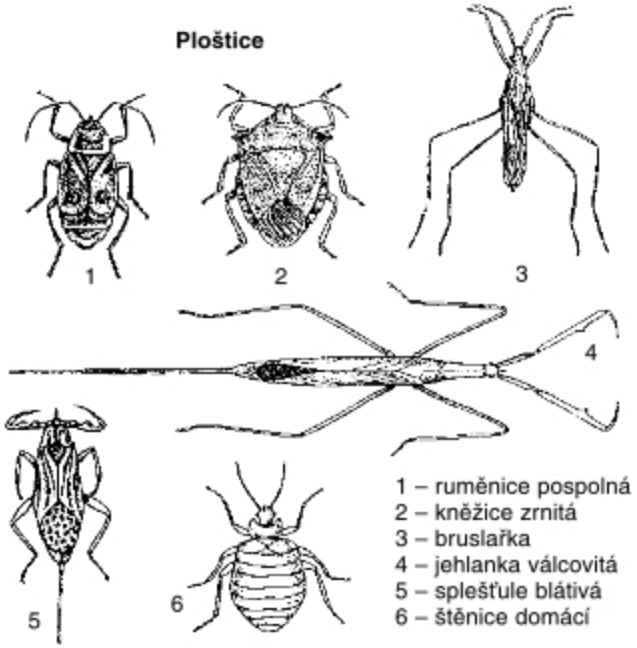
ce snubní *(obě pohlaví)*, jejichž samičky po oplození kladou vajíčka. Mšice sají nadměrné množství sladkých rostlinných šťáv, z nichž většina nestrávena vychází z jejich těla jako sladina *(medovice)*. Tu lízají mravenci a včely, s nimiž mšice žijí v určité symbióze *(např. mravenci přenášejí některé druhy mšic i na nové hostitelské rostliny)*.

Např. **mšice maková** *(Aphis fabae)*, na jabloních **vlnatka krvavá** *(Eriosoma lanigerum)*, na peckovinách **mšice broskvoňová** *(Myzodes persicae)*. Mšice téměř vždy nalezneme na letorostech růží. Oslabují rostliny sáním jejich šťáv, způsobují deformaci listů, jsou přenašeči viróz.

Červci *(Coccoidea)* vykazují pohlavní dvojtvárnost. Samičky jsou bezkřídlé, nepohyblivé a přisáté na rostlinách. Mají charakteristické klenuté ochranné štítky, přimykající se ke kůře. Po uhynutí samičky štítek chrání nakladená vajíčka. Samečkové jsou okřídlení. Např. na ovocných stromech je hojná **puklice švestková** *(Eulecanium corni)*.

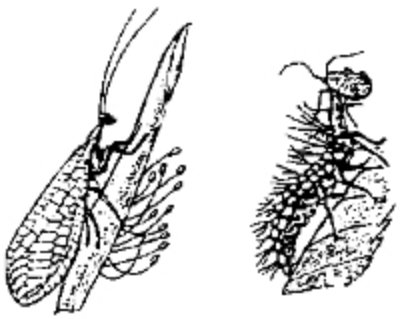
◇ **Ploštice** *(Heteroptera)* snadno poznáme podle plochého těla s předohrudním štítem a předními křídly, tvořícími polokrovky. Suchozemské druhy charakteristicky zapáchají. Jsou mezi nimi druhy dravé, býložravé i cizopasné. Vodní druhy ploštic jsou dravé, mají krátká tykadla a nohy upravené k veslování. Např. **splešťule blátivá** *(Nepa cinerea)*, **znakoplavka obecná** *(Notonecta glauca)*, **jehlanka válcovitá** *(Ranatra linearis)*.

Suchozemské druhy mají tykadla dlouhá. Např. **ruměnice pospolná** *(Pyrrhocoris apterus)*. V domácnostech s nižším hygienickým standardem bývá kosmopolitně rozšířený lidský parazit **štěnice domácí** *(Cimex lectuarius)*. Na vodní hladině stojatých vod žijí ploštice **bruslařka obecná** *(Gerris lacustris)* a **vodoměrka štíhlá** *(Hydrometra stagnorum)*. Mají schopnost rychlého pohybu na povrchové blance vodní hladiny, na níž loví svou kořist.



Mezi křídlaté s proměnou dokonalou patří:

◇ **Síťokřídlí** *(Neuroptera)* mají dravé larvy i dospělce. Jejich ústní ústrojí je kousací. Larvy s mohutnými kusadly vstřikují do těla kořisti trávicí šťávy a pak ji vysávají *(mimotělní trávení jako larvy potápníků)*. Dospělci mají většinou protáhlé křehké tělo se dvěma páry dlouhých blanitých křídel, která mají mimořádně hustou žilnatinu. **Zlatoočka skvrnitá** *(Chrysopa perla)* se živí mšicemi. Největší velikosti ze síťokřídlých dosahují dospělci **mravkolva běžného** *(Myrmeleon formicarius)*, obývajícího teplá stanoviště. Jejich dravé larvy si hloubí v písku jamky, do nichž loví mravence.



Zlatoočka skvrnitá se snůškou svých vajíček a její larva při vysávání mšice

◇ **Blanokřídlí** *(Hymenoptera)* tvoří téměř čtvrtinu všech u nás žijících druhů hmyzu *(asi 10 000 druhů, na světě popsáno kolem 280 000)*. Mají dva páry blanitých, řídce žilkovaných křídel, dokonale vyvinuté kousavé nebo lízavé ústní ústrojí a kromě páru velkých složených očí i 3 jednoduchá očka. Jejich larvy mají kromě noh i zadečkové panožky *(např. housenice pilatek)*, některé druhy *(lumci)* mají larvy bez noh a bez panožek. K blanokřídlým patří druhy užitečné *(opylovači a ničitelé larev jiného hmyzu)* i škodlivé *(např. pilatky)*. Některé druhy vytvářejí sociální společenstva vyšších řádů *(např. včelstva včely medonosné)*.

Širopasí mají zadeček přisedající k hrudi těsně a široce, přičemž obě přisedající části jsou stejně široké. Jejich larvy mají 3 páry hrudních noh a na zadečku panožky. Jsou býložravé; např. **pilatka švestková** *(Hoplocampa minuta)*, škodící na peckovinách. Holožíry smrkových porostů způsobuje **ploskohřbetka smrková** *(Cephalcia abietis)*.

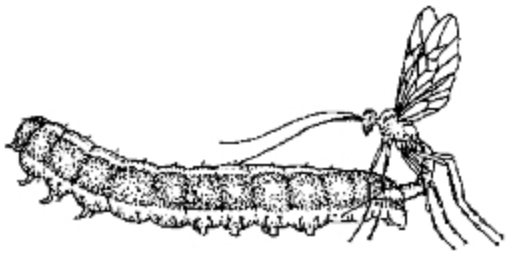
Štíhlopasí mají zadeček k hrudi připojen tenkou stopkou *(2. zadečkový článek)*. Samičky mívají zadeček ukončen štíhlým kladélkem ***(Kladélkatí** – žlabatky a lumci)* nebo žihadlem vzniklým přeměnou kladélka ***(Žihadlovití** – kutilky, samotářské včely, mravenci, vosy, čmeláci a společenské včely)*.

Žlabatky jsou býložravé. Jejich larvy žijí v rostlinných pletivech, jejichž následným bujením vznikají novotvary – **hálky**. V dospělosti jsou žlabatky drobný hmyz s vysokým, ze stran smáčknutým za-

dečkem a dlouhými tykadly. Pravidelně střídají bezkřídlé generace partenogenetické a okřídlené generace snubní.

Známé „duběnky“ na listech dubu vytváří **žlabatka duběnková** *(Adleria kollari)*. **Žlabatka růžová** *(Diplolepis rosae)* vytváří na šípcích červené hálkovité novotvary připomínající trsy mechu.

Lumci a **lumčíci** kladou vajíčka do larev a kukel jiného hmyzu. Nejsou typickými parazity *(parazit žije se svým hostitelem v jisté rovnováze, oslabuje ho, ale nezahubí)*, ale **parazitoidy**. Svého hostitele nakonec zahubí. Samičky **lumka velkého** *(Rhyssa persuasoria)* mají až pěticentimetrové kladélko. Svým vynikajícím čichem *(v tykadlech)* vyslídí ve kmeni larvu, k níž kladélkem proniknou kůrou a dřevem, a položí do ní své vajíčko.



Samička lumka kladoucí vajíčka do housenky osenice polní

Žihadlovité třídíme na **druhy samotářské** *(kutilky a samotářské včely)* a **druhy společenské** *(všežraví mravenci, dravé vosy a sršně, nektarem a pylem se živící včely a čmeláci)*.

Kutilky *(samotářské vosy)* vyhrabávají si v půdě chodbičky, do nichž nosí vlastním žihadlem omráčené housenky, příp. dospělý hmyz, sloužící jejich vyvíjejícím se larvám jako „živá konzerva“ např. **květolib včelí** *(Philanthus triangulum)*, **kutilka písečná** *(Ammophila sabulosa)*.

Samotářské včely se živí pylem a sladkými rostlinnými šťávami. Žijí pouze v párech, tvořených výhradně pohlavními jedinci. O potomstvo se stará jen samička. Významným opylovačem je např. **čalounice mateřídoušková** *(Megachile rotundata)*.

Mravenci jsou všežravý společenský hmyz, budující různě velká hnízda v půdě, ve dřevě, příp. z jehličí. Pohlavní jedinci mají po vylíhnutí 2 páry křídel, která jim po rojení buď upadnou, nebo jim je dělnice uhryžou. Veškeré činnosti spojené s existencí mraveniště obstarávají dělnice *(samičky, jejichž pohlavnost je potlačena feromonem matek)*. Jejich ústní ústrojí je vždy kousavé. Značný význam pro rovnováhu lesních ekosystémů má **mravenec lesní** *(Formica rufa)*. Úporným hmyzem obtěžujícím domácnosti jsou i k nám zavlečení mravenci druhu **Monomorium pharaonis**.

Vosy a **sršně** se živí dravě. Společenstvo vos zakládá mladá přezimující samička, vylíhlá a oplozená již na podzim. Zimu obvykle přečká zahrabána v listí. Zjara začne stavět své typické hnízdo z šedobílé papírové hmoty, které je zavěšeno na stopce a směrem dolů široce otevřené. Uvnitř je jedna vrstva šestibokých buněk. Vosy do nich snášejí ulovený hmyz a samička na něj klade vajíčka. Vosí společenstva jsou jednoletá. **Vosa útočná** *(Paravespula germanica)* koncem léta vykusuje sladké ovocné plody. V dutých stromech, příp. mezi trámy, si staví mohutná visutá, dole uzavřená hnízda s nahnědlým několikavrstevným obalem **sršeň obecná** *(Vespa crabro)*. Dorůstá délky 4 cm, je nápadně žlutohnědě pruhovaná. Její společenstva jsou rovněž jednoletá. Na člověka bezdůvodně neútočí.

Čmeláci jsou ekologicky významní jako opylovači trubkovitých květů jetelů. Tvoří jednoletá společenstva, zakládaná mladou matkou, vylíhlou a oplozenou již v minulém roce. Hnízdo zakládá obvykle mezi kameny nebo v myší díře.

Ekologicky i hospodářsky mimořádně důležitým druhem blanokřídlých je významný opylovač a pro svůj mnohostranný užitek člověkem odedávna chovaná **včela medonosná** *(A. mellifera)*. V přírodě vytváří trvalá společenstva v dutinách stromů, v nichž z vylučovaného vosku staví plásty. V jejich buňkách ukládá pyl, med a vychovává své larvy. Včelstva mají několik desítek tisíc jedinců. Jsou vždy tvořena jedinou matkou, několika tisíci dělnic, vajíčky a plodem různého stáří *(larvy a kukly)* a ve vegetačním období i několika sty partenogeneticky vznikajících trubců. Činnost všech členů společenstva je řízena feromony, z nichž všem je nadřazen feromon matky. Chovatelská zařízení pro chov včel se nazývají úly. Včelstva včely medonosné poskytují člověku mnohostranný užitek *(např. med, vosk, pyl, mateří kašičku, včelí jed, propolis)*.

◇ **Brouci** *(Coleoptera)* mají charakteristicky přeměněn první pár křídel v chitinové krovky. Pod ním jsou složena křídla blanitá. Systematicky jsou tříděni na masožravé a všežravé.

- **Masožraví** *(Adephaga)* mají dravé larvy i dospělce. Jsou užiteční jako přirození nepřátelé přemnožených škůdců pěstovaných rostlin. Řadíme k nim čeleď svižníkovití, střevlíkovití, potápníkovití a některé další.

Svižníkovití *(Cicindelidae)* obývají zpravidla suché prosluněné lokality. Např. bíle tečkovanými krovkami se vyznačuje náš **svižník polní** *(Cicindela campestris)*.

Střevlíkovití *(Carabidae)* jsou brouci různé velikosti, zpravidla velmi pohybliví a aktivní zejména v noci, kdy loví jiný hmyz a slimáky. Na hlavě mají silná kusadla. Např. **střevlík měděný** *(Carabus cancellatus)*, v lesích žije **střevlík fialový** *(Carabus*

violaceus). Housenkami motýlů na stromech a keřích se obvykle živí **krajník pižmový** *(Calosoma sycophanta).*

Zástupci čeledi **potápníkovití** *(Dytiscidae)* žijí ve vodě. Poslední pár jejich noh je veslovací. Např. **potápník vroubený** *(Dytiscus marginalis).*

- **Všežraví** *(Polyphaga)* mají pohyblivé kyčle zadního páru noh. Uvedeme si několik významných čeledí:

Vodomilovití *(Hydrophilidae)* se živí na rozdíl od potápníků potravou rostlinnou. Jejich larvy jsou dravé. Dospělci mají dva páry plovacích noh. Např. **vodomil černý** *(Hydrous piceus).*

Mrchožroutovití *(Silphidae)* se živí mršinami obratlovců, na něž kladou vajíčka. Odumřelého živočicha zahrabávají do země. Např. **hrobařík obecný** *(Necrophorus vespillo).*

Drabčíkovití *(Staphylinidae)* jsou úzcí, dlouzí brouci se zkrácenými krovkami, nekryjícími zadeček; jsou draví. Např. **drabčík zdobený** *(Staphylinus caesareus).*

Světluškovití *(Lampyridae)* jsou nápadní světélkováním všech svých vývojových stadií i dospělců. Např. **světluška menší** *(Phausis splendidula).*

Kovaříkovití *(Elateridae)* mají protáhlé, úzké tělo. Jejich býložravé larvy *(drátovci)* škodí v zemědělství, např. **kovařík černoskvrnný** *(Elater sanquinolentus).*

Krascovití *(Buprestidae)* jsou ovální brouci nápadní svým krásným, většinou kovovým zbarvením. Jejich larvy se vyvíjejí ve dřevě listnatých stromů. Např. **krasec měďák** *(Chalcophora mariana).*

Kožojedovití *(Dermestidae)* se živí suchými živočišnými látkami *(způsobují značné škody v textiliích a výrobcích z kůže);* např. černý **kožojed obecný** *(Dermestes lardarius).*

Slunéčkovití *(Coccinellidae)* mají polokulovité tělo s hlavou zataženou do hrudního štítu, růžencovitá tykadla a obvykle pestré zbarvení krovek. Jejich larvy i dospělci jsou velmi užiteční požíráním mšic, např. **slunéčko sedmitečné** *(Coccinella septempunctata).*

Červotočovití *(Anobiidae)* jsou brouci válcovitého těla s hlavou částečně skrytou pod hrudním štítem. Jejich larvy se vyvíjejí v suchém dřevě *(např. v nábytku, v trámech);* např. **červotoč umrlčí** *(Anobius pertinax).* Škody ve skladech potravin způsobuje červenohnědý **červotoč spížní** *(Stegobium paniceum),* který má žravou larvu vrtající v suchých potravinách.

Majkovití *(Maloidae)* mají měkké tělo i krovky. Z kloubů svých končetin v obraně roní hnědou tekutinu, obsahující jedovatou látku cantharidin. Jejich larvy se na květech přichycují na těla včel a živí se potravou včelích larev; např. **majka obecná** *(Meloe proscarabaeus).*

Potemníkovití *(Tenebrionidae)* jsou většinou tmavě zbarvení protáhlí brouci. Někteří jsou hospodářsky závažnými skladištními škůdci. Např. **potemník moučný** *(Tenebrio molitor),* jehož larvy, zvané „moučníčervi", jsou chovány jako potrava v zajetí držených drobných obratlovců.

Roháčovití *(Lucanidae)* jsou statní brouci s vějířovitými tykadly. V doubravách žije **roháč obecný** *(Lucanus cervus)* s velkými kusadly samců, která používají v soubojích o samičku.

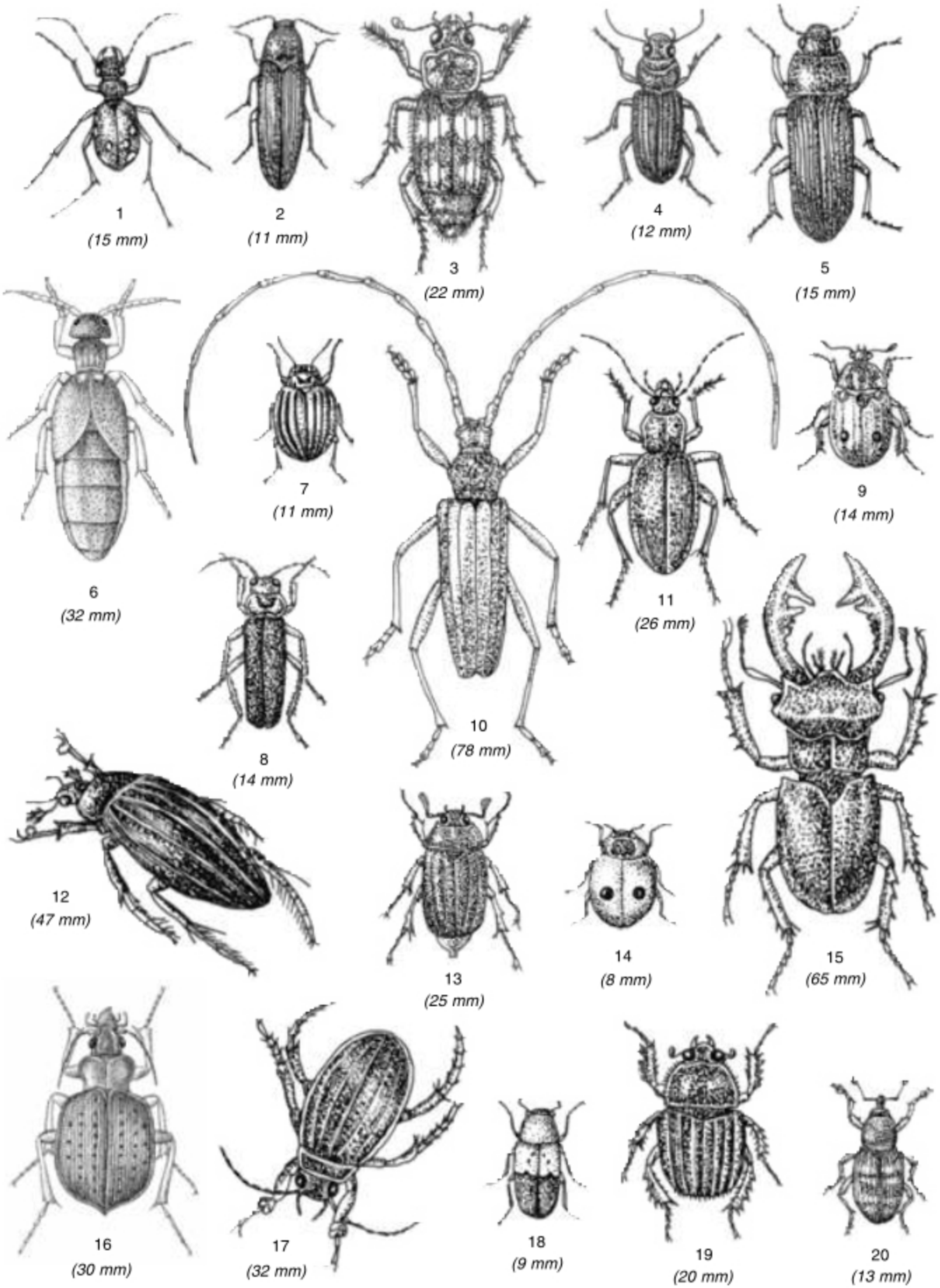
Vrubounovití *(Scarabaeidae)* jsou většinou brouci zavalitého těla. Krovky jim obvykle nekryjí celý zadeček. Mají vějířovitá tykadla a hrabavé nohy. Býložravé druhy mají larvy **ponravy**, ožírající kořenový systém rostlin. Běžným druhem býval **chroust obecný** *(Melolontha melolontha).* Jeho ponravy žijí v půdě 3 roky, dospělci pouze tři týdny. Známým broukem je **zlatohlávek zlatý** *(Cetonia aurata).* Má vykrojené okraje krovek, takže může letět, aniž by rozepjal krovky. **Chrobák velký** *(Geotrupes stercorarius)* má hrabavé nohy, jimiž pro své potomstvo hloubí chodbičky pod hovězím a koňským trusem. Péčí o potomstvo v kuličce uhnětené z trusu a tlačené před sebou je znám **vruboun posvátný** *(Scarabaeus sacer).*

Tesaříkovití *(Cerambycidae)* mají protáhlé tělo, silné kráčivé nohy a nápadně dlouhá tykadla. Jejich larvy žijí ve dřevě, v němž vrtají kruhovité otvory. Např. v dubovém dřevě žije černý, až 5 cm dlouhý **tesařík obrovský** *(Cerambyx cerdo).*

Mandelinkovití *(Chrysomelidae)* jsou většinou drobní brouci s klenutým tělem a krátkýma nohama. Mají býložravé larvy se silně vyklenutým zadečkem; např. **mandelinka bramborová** *(Leptinotarsa decemlineata).* Škody na ředkvičce a košťálovinách způsobuje **dřepčík polní** *(Phyllotreta undulata).*

Nosatcovití *(Curculionidae)* jsou typičtí svými zalomenými tykadly a hlavou protaženou v dlouhý nosec s kusadly na konci. Vážným škůdcem skladů zrní a mouky je **pilous černý** *(Calandra granaria),* na ovocných stromech škodí **květopas jabloňový** *(Anthonomus pomorum),* jehož larvy vyžírají rašící pupeny.

Kůrovcovití *(Ipidae)* jsou drobní brouci válcovitého těla, jejichž larvy pod kůrou a v lýku napadených stromů vytvářejí charakteristické chodbičky. Mají krátké nohy, krovky na konci silně sešikmené a kyjovitá tykadla např. **lýkožrout smrkový** *(Ips typographus),* škodící zejména ve zdravotně oslabených smrkových porostech *(zvláště v polomech).*



Brouci

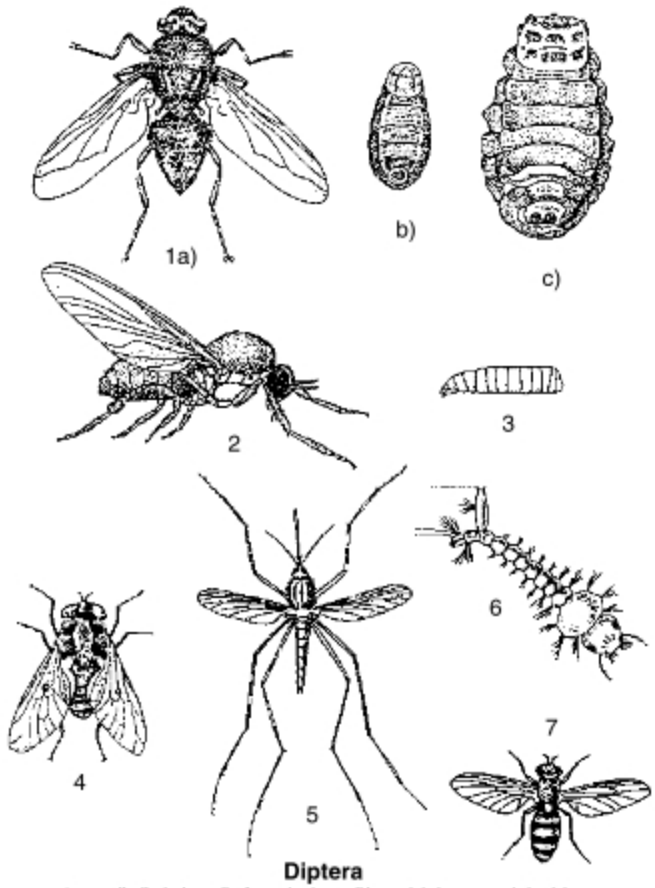
1 – svižník polní, 2 – kovařík, 3 – hrobařík obecný, 4 – kvapník, 5 – potemník moučný, 6 – majka fialová, 7 – mandelinka bramborová, 8 – páteříček sněhový, 9 – mrchožrout housenkář, 10 – tesařík obrovský, 11 – střevlík Carabus sp., 12 – vodomil černý, 13 – chroust obecný, 14 – slunéčko dvoutečné, 15 – roháč obecný *(sameček)*, 16 – krajník pižmový, 17 – potápník vroubený, 18 – kožojed obecný, 19 – chrobák velký, 20 – klikoroh borový

◇ **Dvoukřídlí** *(Diptera)* mají plně vyvinutý pouze přední pár křídel. Druhý pár křídel zakrněl a přeměnil se v tzv. kyvadélka *(haltery)*, umožňující v letu obratné manévrování. Všechny tři hrudní články srůstají. Dvoukřídlé dělíme na dlouhorohé a krátkorohé.

Dlouhorozí mají zpravidla dlouhá tykadla a útlé, křehké tělo. Např. **tiplice zelná** *(Tipula oleracea)*. Patří k nim komáři. U nás nejrozšířenějším druhem komára je **komár pisklavý** *(Culex pipiens)*. Jeho larvy žijí ve vodě, samičky přezimují ve sklepích. Samičky **anofela čtyřskvrnného** *(Anopheles maculipennis)* při sání krve mohou přenášet malárii. Červivost plodnic hub způsobují **bedlobytky**.

Komáři
a) sedící komár rodu *Culex*, b) sedící *Anofeles*

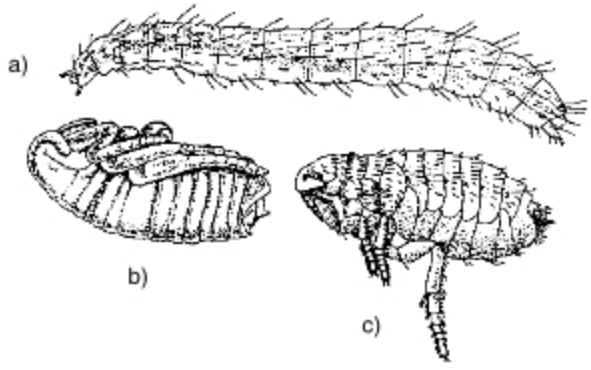
Krátkorozí mají tykadla zpravidla krátká a tělo zavalité, se silně vyvinutým létacím svalstvem. V létě obtěžují dobytek samičky **ováda hovězího** *(Tabanus bovinus)*, způsobují často i člověku sáním krve bolestivé, zarudlé otoky. K ovádům patří také **bzikavka dešťová** *(Haematopota pluvialis)*, jejíž samičky sají krev obratlovců včetně člověka.



Diptera
1 – střeček hovězí – a) dospělec, b) larva, c) kukla,
2 – muchnička, 3 – struska – beznohá larva, 4 – ovád hovězí,
5 – tiplice zelná, 6 – larva komára, 7 – pestřenka rybízová

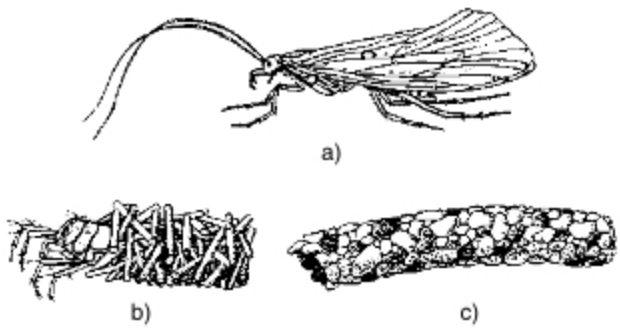
Červivost plodů třešní způsobuje **vrtule třešňová** *(Rhagoletis cerasi)*. Na kvasícím ovoci se vyvíjejí larvy **octomilky obecné** *(Drosophila melanogaster). (Studiem tohoto druhu objasnil T. H. Morgan strukturu chromozomu a princip uložení vloh. V roce 1926 obdržel Nobelovu cenu.)* Endoparazity zvířat jsou larvy **střečka hovězího** *(Hypoderma bovis)*. Z čeledi mouchovitých je všeobecně rozšířena **moucha domácí** *(Musca domestica)* a zejména na venkově **bodalka stájová** *(Stomoxys calcitrans)*. **Pestřenky** mají schopnost „stát ve vzduchu" jako helikoptéra. Kladením vajíček do masa je známa **masařka obecná** *(Sarcophaga carnaria)*. Sáním krve rozšiřuje spavou nemoc tropický druh **bodalka tsetse** *(Glossina palpalis)*.

◇ **Blechy** *(Aphaniptera)* jsou drobný, ze stran zploštělý hmyz se zakrnělýma očima a bodavě sacím ústním ústrojím. Třetí pár noh mají uzpůsoben ke skákání. Mor přenáší **blecha morová** *(Xenopsylla cheopis)*. Na člověku často saje **blecha obecná** *(Pulex irritans)*.



Blecha psí
a) larva, b) kukla, c) dospělec

◇ **Chrostíci** *(Trichoptera)* s ochlupenými křídly jsou nenápadný hmyz, žijící v blízkosti vod. Samičky chrostíků kladou vajíčka do vody nebo vlhké půdy na březích. Jejich larvy žijí ve vodě a staví si druhově charakteristické schránky z nejrůznějších dostupných materiálů, například zrnek písku, zbytků větviček, jehličí *(lidově „živá dřívka")*.



Chrostíci
a) dospělec, b) larva, c) schránka

◇ **Motýli** *(Lepidoptera)* mají zpravidla malou hlavu s dlouhými tykadly nejrůznějšího tvaru. Jejich sací ústní ústrojí tvoří nápadný stočený sosák. Mají dva páry křídel, kryté pestrobarevnými šupinkami. Motýli mají nohy poměrně slabé. Jejich larvy se nazývají **housenky**. Ze slinných žláz některé housenky vylučují na vzduchu tuhnoucí vlákno, do něhož se zapřádají. Vzniká tak kokon, v němž se zakuklí. Housenky se živí vesměs rostlinnou potravou. V dospělosti se motýli živí sáním květového nektaru. Červivost jablek způsobují např. housenky **obaleče jabloňového** *(Laspeyresia pomonella).*

Masivním odumíráním asimilační listové plochy jírovců ve vrcholném létě na sebe upozorňuje okrově hnědý motýlek **klíněnka jírovcová** *(Cameraria ohridella).*

Moli *(Tinaeidae)* mají housenky, živící se tkaninami a kožešinami; např. **mol šatní** *(Tineola bissellionella).* Uskladněné potraviny často znehodnocují **zaviječi** *(sušené ovoce, byliny, voskové dílo).*

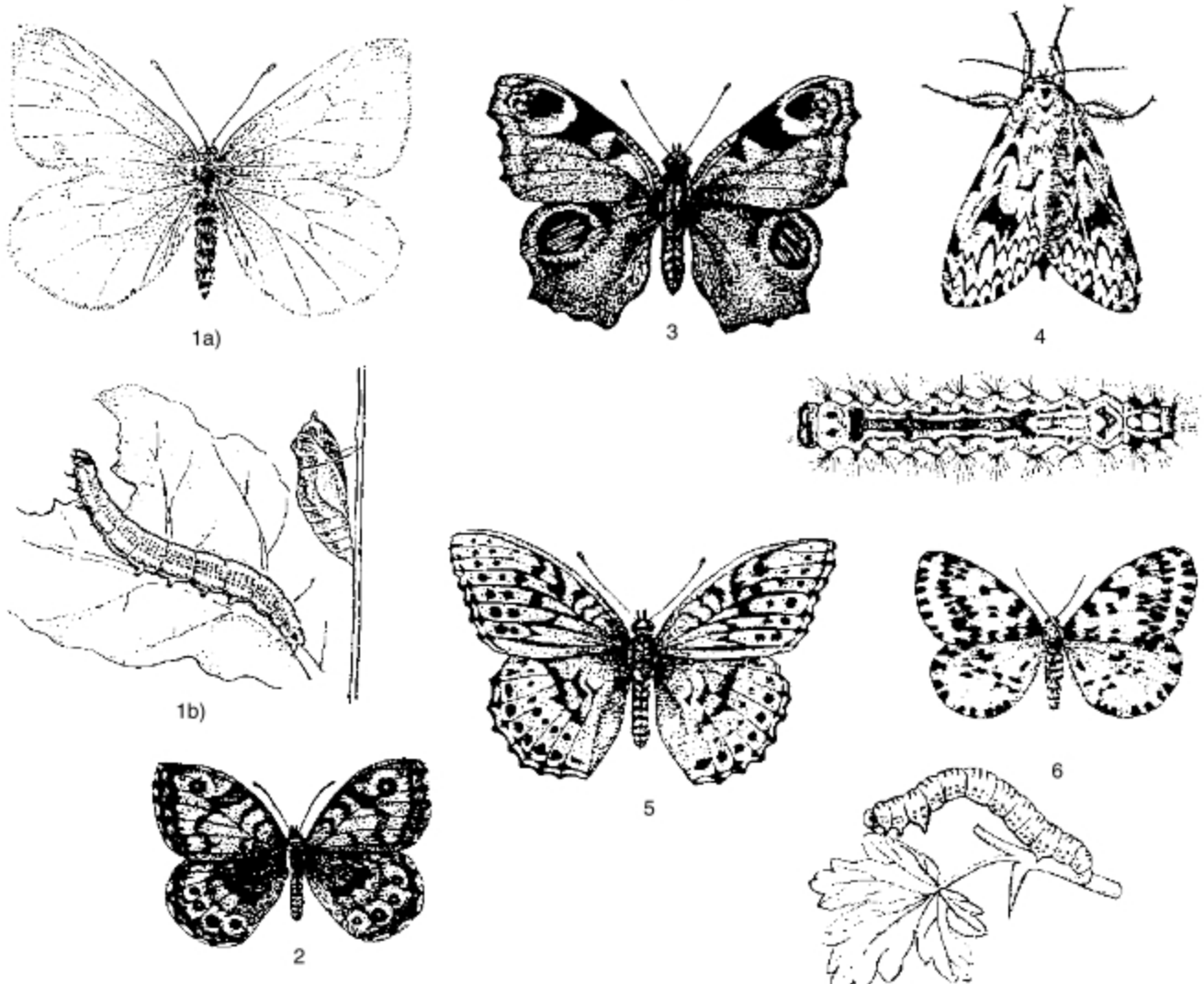
Na rybízu a angreštu např. škodí **píďalka angreštová** *(Abraxas grossulariata)* s černou skvrnitou kresbou na žlutých křídlech.

Denní motýli mají obvykle tělo úzké, tykadla dlouhá, kyjovitá, nohy slabé a křídla široká.

Patří sem četné známé druhy, např. bělásci, žluťásci, modrásci, ohniváčci, okáči, babočky, perleťovci, ostruháčkové, vřetenušky, drvopleňové, otakárci, soumračníci. Běžně známým druhem s typickou ústrojností denních motýlů je **bělásek zelný** *(Pieris brassicae)*, způsobující holožír na brukvovitých rostlinách. Jejich samičky poznáme podle dvou černých okrouhlých skvrnek na předních křídlech.

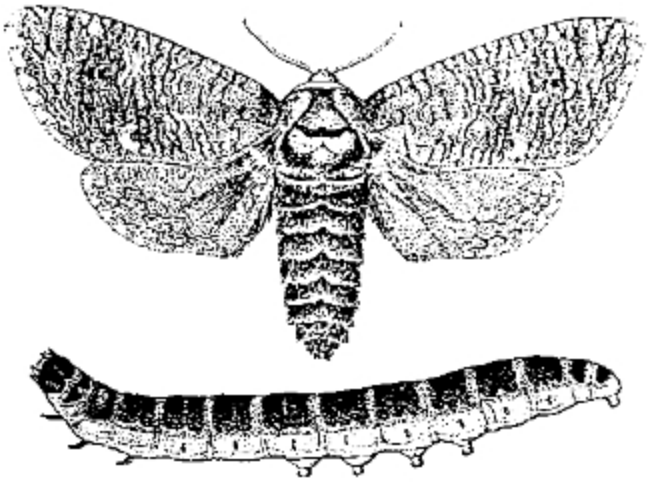
Noční motýli mají statné tělo s mohutně vyvinutým hrudním svalstvem. **Lišajové** jsou vynikající letci. Při sání nektaru na rostlinu nedosedají. Oba páry křídel mají úzké, přední pár je delší. Jejich housenky bývají pestře zbarvené a na 8. zadečkovém článku mají „roh". Např. **lišaj smrtihlav** *(Acherontia atropos)* je tažným motýlem, u nás je zjišťován jen výjimečně, jeho pruhované housenky žijí na bramborové nati.

Můry *(Noctuidae)* mají zavalité chlupaté tělo se štětinkovitými tykadly. Jejich housenky bývají lysé a kuklí se v zemi. Např. **stužkonoska modrá** *(Catocala fraxini)* s modrým pásem na zadním páru křídel.

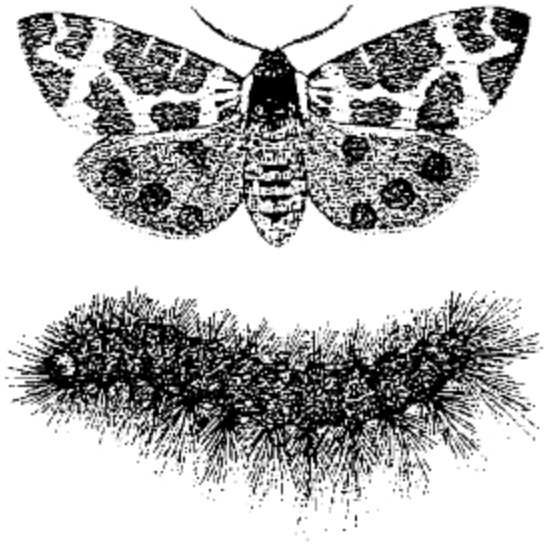


Motýli

1 – bělásek zelný a) samička, b) housenka a kukla, 2 – okáč zední, 3 – babočka paví oko, 4 – bekyně mniška a její housenka, 5 – perleťovec stříbropásek, 6 – housenka a dospělec píďalky angreštové



Drvopleň obecný *(dospělec a housenka)*



Přástevník medvědí *(dospělec a housenka)*

Bourec morušový *(Bombyx mori)* je chován pro přírodní hedvábí. Jeho housenky se živí listím moruší. Jeho kokon bývá tvořen vláknem až 1200 m dlouhým. Technologii chovu bource morušového objevili Číňané. Ve střední Evropě je chován od roku 1627. Na jehličnanech mohou způsobit kalamitní holožír housenky **bekyně mnišky** *(Lymantria monacha)*. Pestře zbarvený **přástevník medvědí** *(Arctia caja)* má temně chlupaté housenky, živící se listy bylin.

Závěr:

Obdobná (*analogická*) stavba těla členovců vedla k závěru o jejich příbuznosti s mnohoštětinatci. Poznatky nových výzkumů však předpokládají jejich příslušnost k vývojové větvi Ekdysozoa, jejíž životní strategie je založena na tvorbě periodicky svlékané kutikuly. Nejstarobylejší skupinou členovců byli trilobiti. Samostatnou vývojovou větví jsou vzdušnicovci. Za nejpůvodnější skupinu vzdušnicovců považujeme stonožky, z jejichž prapředků se s největší pravděpodobností vyvinuli i další skupiny vzdušnicovců.

ß řada: **DRUHOÚSTÍ** *(Deuterostomia)*

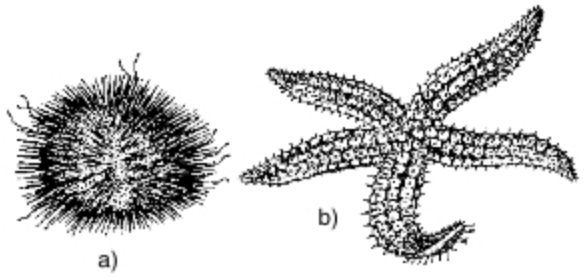
Všechny živočišné druhy náležející k druhoústým jsou živočichové s vyvinutým coelomem. Blastoporus přejímá funkci řitního otvoru. Otvor ústní se během ontogeneze prolamuje druhotně na opačném konci těla.

Mezi druhoústé vědci zahrnují ostnokožce, polostrunatce a strunatce.

Kmen: **OSTNOKOŽCI** *(Echinodermata)*

Ostnokožci jsou velmi starobylá živočišná skupina, která byla značně rozšířena již v prvohorách. Všichni mají **tělo pětipaprsčitě souměrné**. Jejich larvy jsou ale souměrné bilaterálně.

Ostnokožci jsou živočichové mořského dna. V podkožním pojivu mají buňky, vylučující vápenaté destičky a ostny. Tvar jejich těla může být kulovitý *(ježovky)*, kalichovitý *(přisedle žijící lilijice)*, paprsčitý *(hvězdice)*, terčovitý s rameny mnohonásobně přesahujícími délku těla *(hadice)* nebo „okurkovitý“ s náznaky bilaterální souměrnosti *(sumýši)*.



Ostnokožci
a) ježovka jedlá, b) hvězdice obecná

Ježovka jedlá *(Echinus esculentus)* má kulovitý tvar a velikost do 10 cm. Živí se odumřelými živočichy a organickými zbytky.

Její tělo je kryto krunýřem, vznikajícím srůstem vápenatých destiček, na něž pohyblivě nasedají ostny. Břišní strana těla ježovky je mírně zploštělá. Uprostřed má umístěna ústa s vyvinutým žvýkacím aparátem *(tzv. Aristotelova lucerna)*. Na zaobleném vrcholu těla je řitní otvor. Mezi ním a ústy v poledníkovém směru probíhá radiálně pět pásů panožek *(tzv. ambulakrální nožky)*. Mezi nimi je pět dvouřadých pásů destiček bez panožek. Vedle řitního otvoru je síťovitě proděravělá destička *(madreporit)*, pokračující přívodním „kamenným“ kanálkem *(podle obsahu $CaCO_3$)* do ambulakrálního rozvodného systému vodních cév, vzniklého přetvořením coelomové dutiny. Systémem proudí mořská voda. Kamenný kanálek na úrovni úst přechází v okružní chodbu. Z okružní chodby vystupují Poliho váčky, mající funkci lymfatických žláz, v nichž vznikají lymfocyty. Pod každou panožkou ční do coelomové dutiny **ampula**, sloužící jako zásobník vody.

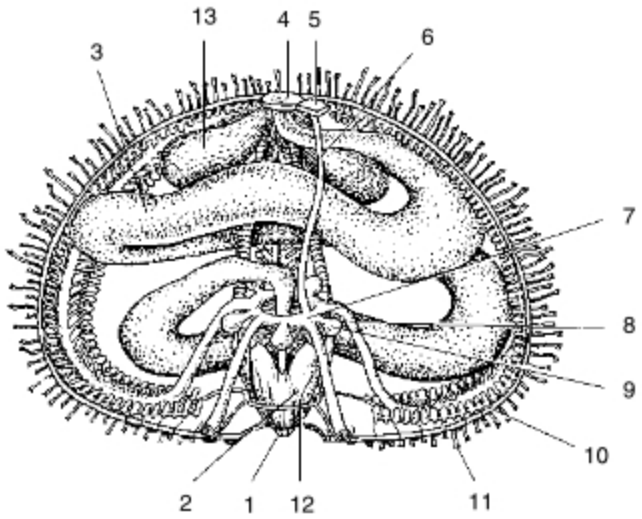


Schéma anatomické stavby ježovky mořské
1 – ústa, 2 – Aristotelova lucerna *(žvýkací ústroji)*, 3 – trávicí trubice, 4 – řiť, 5 – madreporit, 6 – kamenný kanálek, 7 – okružní objícnový kanálek, 8 – radiální kanálek, 9 – Poliho váček, 10 – propojené vodní váčky, 11 – panožky, 12 – nervová soustava, 13 – pohlavní žláza

Střídavé plnění panožky a ampuly vodou umožňuje ježovkám pohyb. Kromě pohybové funkce má ambulakrální soustava i funkci dýchací, cévní a vylučovací. Ostny jsou částečně pohyblivé a mají zejména význam ochranný. Mezi nimi vyrůstají klíšťkovité **pedicelárie**, obvykle odstraňující nečistotu mezi ostny.

Trávicí soustava ježovky se od Aristotelovy lucerny vine prvním obloukem ve směru hodinových ručiček a v následujících protisměrně až k řitnímu otvoru. Nervová soustava ježovky je vnořena pod krunýř. Každá její větev směřuje poledníkovým směrem k jamkovitému očku. Na břišní straně ježovky jsou ampulovitě rozšířená **sferidia**, plnící funkci polohových orgánů.

Ježovky jsou gonochoristé. K oplození jejich pohlavních buněk dochází ve vodě. Larva ježovek je bilaterálně souměrná a nazývá se **pluteus**.

Lilijice (*Crinoidea*) jsou přisedlí pětiramenní ostnokožci, kteří při vyhledávání potravy kývavě pohybují svým apikálním koncem s rameny.

Hvězdice (*Asteroidea*) mají ramena plynule navazující na vlastní tělo. V každém rameni je umístěna gonáda a výběžek trávicí soustavy.

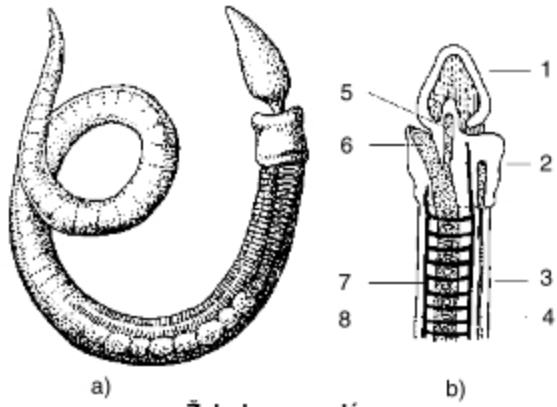
Hadice (*Ophiuroidea*) zahrnuje dravé druhy, z jejichž terčovitého těla vybíhá 5 mimořádně štíhlých *(a někdy i větvených)* ramen. Mají neprůchodnou trávicí soustavu.

Sumýši (*Holothuroidea*) mají své pětičetné tělo protáhlé *(„mořská okurka“)*. Část ambulakrálních nožek v okolí ústního otvoru chytá drobné organismy, ostatní jsou rozmístěny pásovitě po těle a slouží k pohybu. V zadní části střeva mají dva vychlípené tenkostěnné vaky, plnící dýchací funkci „vodních plic“ a částečně i funkci vylučovací. Proti predátorům vylučují lepivý sliz, příp. odvrhnou část střeva, která poutá pozornost predátora. Střevo snadno regeneruje. Domorodé obyvatelstvo sumýše loví a upravuje jako pokrm.

Kmen: **POLOSTRUNATCI** *(Hemichordata)*

Polostrunatci jsou patrně výchozí skupinou pro vývoj strunatců. Jsou obyvateli mořského dna. Na jejich těle rozlišujeme **žalud** *(prosoma)*, **límec** *(mezosoma)* a **trup** *(metasoma)*. Na jejich vývojovou příbuznost se strunatci ukazuje, že:

1. jícen má dvě řady dýchacích žaberních štěrbin;
2. vychlípenina hltanu *(notochord)*, zpevňující hlavovou část těla, odpovídá funkčně i histologicky struně hřbetní *(chorda dorsalis)*;
3. mají vyvinut hřbetní nervový pruh.



Žaludovec malý
a) celkový vzhled, b) schéma anatomické stavby
1 – žalud, 2 – límec, 3 – trup, 4 – hřbetní nervový provazec, 5 – notochord, 6 – trávicí soustava, 7 – cévní soustava, 8 – žaberní štěrbina

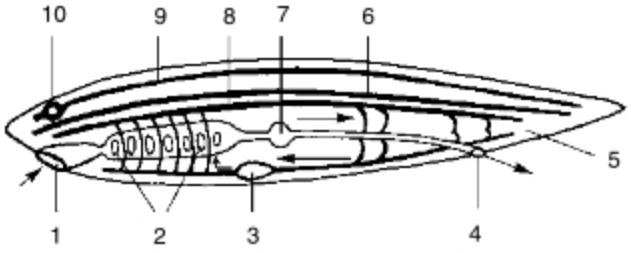
Typickými představiteli polostrunatců jsou **žaludovci** *(Balanoglossa)*. Jsou to živočichové mořského dna, v jehož bahně si vyrývají chodby svým žaludem *(žalud je vyztužený zvýšeným přítokem krve)*.

Za žaludem následuje límec, produkující množství slizu. Sliz jejich tělo chrání, ale slouží i k slepování částeček písku a bahna. Žaludovec jimi vyztužuje stěny, které v bahně obývá. V přední části trupového oddílu žaludovce se ve dvou řadách prolamují žaberní štěrbiny, sloužící k dýchání. Poslední pár jeho žaberních štěrbin je současně i vyústěním pohlavních žláz. V další části těla je střevo obklopeno jaterní žlázou. Na konci zadečku žaludovce vyúsťuje řitní otvor.

Žaludovci jsou gonochoristé s vývojem nepřímým. Z jejich oplozených vajíček vznikají dvoustranně souměrně plovoucí larvy **tornárie**, které se časem mění v dospělého žaludovce. Nejčastěji se vyskytuje **žaludovec malý** *(Glossobalanus minutus)*, který dorůstá max. 100 mm.

Kmen: **STRUNATCI** *(Chordata)*

Všichni jsou mnohobuněční a jejich tělo je tvořeno třemi zárodečnými listy: ektodermem, entodermem a mezodermem. Mají vyvinutou druhotnou dutinu tělní *(coelom)* a bývají zpravidla dvoustranně souměrní.



Obecné schéma tělesné stavby strunatců
1 – ústní otvor, 2 – žaberní štěrbiny, 3 – srdce, 4 – řitní otvor, 5 – ocasní část těla, 6 – chorda, 7 – trávicí trubice, 8 – cévní soustava, 9 – nervová trubice, 10 – mozek

Ve starších prvohorách, po přechodu některých strunatců do sladké vody, vznikli první obratlovci. Některé druhy obratlovců druhotně osídlily moře a nadále se v něm vyvíjely, jiné druhy sladkovodních obratlovců se v mladších prvohorách přizpůsobily k suchozemskému životu. Mají tyto společné znaky:

1. Všichni mají vyvinutou vnitřní kostru. Jejím základem je **struna hřbetní** *(chorda dorsalis)*, vyvíjející se z entodermu. V podstatě je to pevná a přitom elastická tyčinkovitá výztuha těla, probíhající podélně tělem nad trávicí soustavou a pod nervovou trubicí. U vyšších strunatců bývá zatlačována páteří.

2. Na hřbetní straně těla strunatců je vyvinuta **trubicovitá nervová soustava**. Vzniká vchlípením ektodermu. U nižších strunatců *(kopinatci)* je nervová trubice v hlavové části mírně rozšířena. U vyšších strunatců *(obratlovci)* se člení na míchu a různě vyvinutý mozek.

3. V přední části trávicí trubice *(hltan)* se u strunatců prolamuje několik párových žaberních štěrbin *(faryngotremie)* s dýchací funkcí. U nižších strunatců jsou **žaberní štěrbiny** zachovány po celý život jedince. U vyšších obratlovců, kteří v dospělosti dýchají plícemi, se objevují jen v určité fázi embryonálního vývoje a posléze zarůstají.

4. **Cévní soustava** strunatců je s výjimkou vývojově nejnižších pláštěnců uzavřená a srdce poháněj ící krev je vždy umístěno na břišní straně těla *(ventrálně)* pod trávicí soustavou. Srdce pumpuje krev do dýchacích ústrojů vždy směrem k hlavě.

5. Trávicí soustava strunatců je trubicovitá a prochází podélně středem těla. Začíná na hlavovém konci těla ústy a končí otvorem řitním, který vyúsťuje vždy v určité vzdálenosti před koncem těla. Vzniká tak **pravý** neboli postanální **ocas**.

Rozlišujeme tři podkmeny:

A. podkmen: **Pláštěnci** *(Tunicata, Urochordata);*

B. podkmen: **Kopinatci** *(syn. Bezlebeční) (Cephalochordata, Acrania);*

C. podkmen: **Obratlovci** *(Vertebrata, Craniata).*

První dva podkmeny označujeme jako tzv. strunatce nižší, obratlovce označujeme jako strunatce vyšší.

A. podkmen: **PLÁŠTĚNCI** *(Urochordata, Tunicata)*

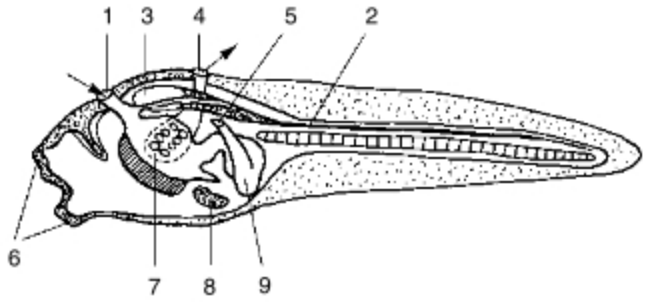
Pláštěnci jsou živočichové mořští. Jejich jednovrstevná pokožka vylučuje na povrch těla typický tužší **plášť** *(tunica)*, tvořený polysacharidem tunicinem. K základnímu stavebnímu plánu strunatců mají blíže jejich pohyblivé larvy než vznášivým či přisedlým způsobem života pozměnění dospělci. Dochází u nich tedy k **ontogenetické regresi**.

Většina pláštěnců jsou hermafroditi se složitým ontogenetickým vývojem. Coelom mají redukován na osrdečník *(pericard)* a na rozdíl od všech ostatních strunatců mají otevřenou cévní soustavu se srdcem schopným pohánět krev střídavě oběma směry. Nemají vylučovací orgány typu ledvin. Tělu škodlivé látky ukládají do skupin vazivových buněk v blízkosti střeva *(tzv. zásobní ledviny)*, které periodicky z těla odstraňují.

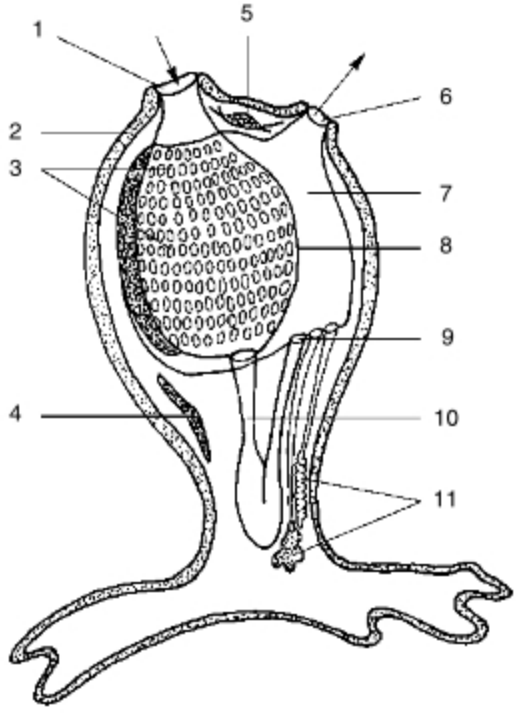
Rozlišujeme tři třídy pláštěnců: po celý život pelagicky pohyblivé soudečkovité **vršenky** se strunou hřbetní zachovanou i v dospělosti, v dospělosti jednotlivě a přisedle žijící **sumky** a konečně v dospělosti se v trsech pelagicky vznášející **salpy**.

Sumka obecná *(Ascidia mentula)* má v dospělosti vakovité tělo přisedlé k podkladu. Na svrchní straně těla má dva nestejně vysoko postavené otvory *(vyšší je otvor ústní, nižší otvor má funkci vyvrhovací)*. Pohyblivá larva sumky přisedá spodní částí předního konce těla a během ontogenetického vývoje se její trávicí trubice přetváří do tvaru písmene U. Sumky se živí aktivním nasáváním mořské vody s mikroskopickou potravou. Jejich ústní otvor vede do objemného cedníkovitého hltanu s několika tisíci žaberních štěrbin. Voda je filtrována do mohutného obžaberního prostoru a vypuzována vyvrhovacím otvorem z těla. Na spodní stranu jícnu navazuje žaludek a střevo, které se ohýbá vzhůru

a vyúsťuje do kloakální části obžaberního prostoru. Takto vzniklý žaberní koš plní druhotně i funkci dýchací. Centrem cévní soustavy je srdce schopné oboustranné pulzace, uložené v osrdečníku *(zbytek coelomové dutiny)*. Cévní soustava sumky je otevřená, krev se volně vylévá do tkání. Nervová soustava dospělých sumek je omezena na ústřední nervovou zauzlinu umístěnou mezi přijímacím a vyvrhovacím otvorem, která má i hormonální funkci. Produkty metabolismu se ukládají v zásobních ledvinách, uložených po stranách střeva. Periodicky jsou z těla odstraňovány. Sumky jsou hermafroditi *(samooplození je vyloučeno časnější zralostí spermií)* s nepárovými gonádami, ústícími do kloaky. Oplození sumek je mimotělní. Vedle pohlavního rozmnožování je dosti časté i rozmnožování nepohlavní, které vede ke vzniku nerozrůzněných kolonií.



Pláštěnci – schéma tělesné stavby larvy sumky
1 – přijímací otvor, 2 – nervová trubice,
3 – přední rozšířená část nervové trubice, 4 – vyvrhovací otvor,
5 – řitní otvor, 6 – přichycovací hrbolky,
7 – hltan se žaberními štěrbinami, 8 – srdce, 9 – trávicí trubice



Pláštěnci – schéma tělesné stavby dospělé sumky
1 – přijímací otvor, 2 – plášť, 3 – žaberní štěrbiny, 4 – srdce,
5 – nervová uzlina, 6 – vyvrhovací otvor, 7 – obžaberní prostor,
8 – hltan, 9 – řitní otvor, 10 – trávicí trubice,
11 – samičí i samčí pohlavní orgán

B. pkm.: **KOPINATCI** *(syn. Bezlebeční)* *(Cephalochordata,* syn. *Acrania)*

Bezlebeční jsou evolučně mimořádně významná skupina drobných živočichů, obývajících písčité mořské mělčiny. V larválním stavu i v dospělosti mají **vždy zachovánu chordu**, která zasahuje až do přední části těla. Jediná třída, totožná s podkmenem, jsou **kopinatci**. Modelovým organismem této skupiny je **kopinatec plžovitý** *(Branchiostoma lanceolatum)*.

Dospělí kopinatci i jejich larvy se živí mikrofágně rozsivkami a prvoky. Přes den bývají zahrabáni v jemném písku. Vyčnívá jim pouze hlava. Ve vodě se aktivně pohybují pouze v noci. Připomínají drobnou bezbarvou rybičku, dosahující velikosti nejvýše 6 cm. Dospělý kopinatec má tělo k oběma koncům zúženo, nemá zřetelně patrnou hlavu ani končetiny. Zadní část těla kopinatce má nepárový, kopinatě se rozšiřující **ploutevní lem**. Ústní otvor kopinatce je lemován pohyblivými tykadly *(cirry)*. V zadní třetině břišní strany těla má dospělý kopinatec vyústění obžaberního prostoru *(porus peribranchialis)* a dále samostatný otvor řitní, jímž vyúsťuje rovné střevo.

Pokožka kopinatců je tvořena jednou vrstvou buněk, mezi nimiž jsou roztroušeny buňky smyslové. Pod pokožkou je rosolovitá škára. Osu těla kopinatce a současně jeho vnitřní oporu tvoří **chorda dorsalis**, začínající již v nejpřednější části hlavového konce těla. Kopinatci **nemají** ani **chrupavky**, ani **kosti**.

Těsně nad chordou kopinatce je uložena nervová trubice – mícha – k níž po celé délce hřbetu přirůstá pokožka se světločivnými buňkami *(tzv. Hesseho buňky)* a v přední části těla s vířivou jamkou *(jamka Köllikerova)*, která má funkci čichovou.

Po stranách těla kopinatce je velmi zřetelně viditelná příčně pruhovaná svalovina.

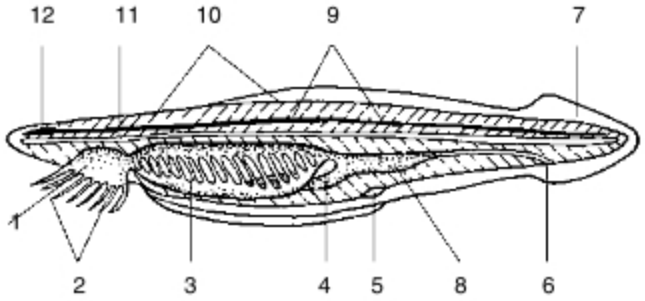
Trávicí ústrojí kopinatce začíná po obvodu vyztuženým štěrbinovitým ústním otvorem, lemovaným asi třiceti makadélky. Ústní dutina je vzadu uzavřena svalnatou plachetkou *(velum)* s centrálním otvorem. Od stropu zadní části ústní dutiny ční vířivý orgán, jehož bičíky usměrňují proud vody s potravou do hltanu. Hltan je symetricky na každé straně prolamován asi 180 šikmými žaberními štěrbinami s funkcí cedníkovitého žaberního koše. Koncem larválního vývoje hltan ze stran obrůstá kožními záhyby, které na břišní straně těla srůstají. Vzniká tím obžaberní *(peribranchiální)* prostor, komunikující s okolím otvorem *(peribranchiální porus)*. Jím opouští tělo kopinatce voda zbavená mikroskopické potravy *(menším dílem i kyslíku)*. Trávicí soustava kopinatce je tvořená střevem s jaterním výběžkem, produkujícím trávicí enzymy.

Střevo kopinatce vyúsťuje blíže ocasnímu konci těla samostatným řitním otvorem. Kopinatec **dýchá** celým **povrchem těla**. Cévy žaberního koše se na výměně plynů téměř nepodílejí.

Cévní soustava kopinatce je **uzavřená**. **Srdce** kopinatec vyvinuto **nemá**. Z břišní aorty však vystupují nahoru kolem hltanu početné párové žaberní tepny, rozšířené ve váčky se stažitelnou funkcí *(bulbili)*. Krev kopinatců je bezbarvá, neobsahuje červené krvinky.

Vylučovacím ústrojím kopinatce jsou párové ledvinové kanálky, uložené ve velkém počtu vedle hltanu při horním okraji žaberních štěrbin. Navazují na cévní klubíčka, filtrující krev. Pracují tedy obdobně jako nefrony ledvin obratlovců.

Kopinatci jsou **odděleného pohlaví**, bez sekundárních pohlavních znaků *(prakticky nelze rozeznat samičky od samečků)*. Embryonální vývoj kopinatce plžovitého je modelem, umožňujícím pochopení embryonálního vývoje všech strunatců. Gonády kopinatce jsou umístěny po stranách dolní části hltanu. Je pozoruhodné, že nemají samostatné vývody. Pohlavní produkty jsou uvolňovány do peribranchiálního prostoru po prasknutí blanky v sousedství pohlavní žlázy. S vodou, proudící od žaberních štěrbin, jsou peribranchiálním pórem vyplavovány do okolní vody. Rýhováním oplozeného vajíčka vzniká blastula, jejíž vývoj vchlipováním *(invaginací)* spěje ke gastrule. Další vývojové stadium embrya se nazývá **neurula**. Embryo se podélně prodlužuje. Vychlípením hřbetní části entoblastu vzniká chorda. Embryo opouští zárodečné obaly a vzniká po celém povrchu obrvená larva. Na původní zádi se prolamují druhotně ústa a na konci protilehlém, v těsné blízkosti původního blastoporu *(prvotní ústní otvor)* vzniká otvor řitní. V porovnání s gastrulou se tedy mění funkce protilehlých konců těla. Larva je obrvená a po uvolnění z vaječných obalů dlouhá asi 1 mm. Dva až tři měsíce žije jako součást planktonu, poté ztratí obrvení, klesne ke dnu a změní se v dospělce.



Tělesná stavba kopinatce plžovitého *(schéma)*
1 – ústní dutina, 2 – přiústní tykadla,
3 – hltan se žaberními štěrbinami, 4 – játra,
5 – vyústění obžaberního prostoru, 6 – řitní otvor,
7 – ocasní ploutvička, 8 – trávicí trubice, 9 – myomery,
10 – myosepta, 11 – chorda, 12 – nervová trubice

C. pkm.: **OBRATLOVCI** *(Vertebrata)*

Obratlovci jsou aktivně pohybliví, bilaterálně symetričtí a mají dokonale vyvinutou vnitřní opornou soustavu. Jejich mimořádně **výkonná nervová soustava** a smyslové orgány jim umožňují vysokou aktivitu, dokonalou orientaci a adaptaci v prostředí. Tělo obratlovců je členěno na **hlavu**, **trup** a **ocas**.

Pokožka obratlovců je vždy **vícevrstevná** a produkuje různé deriváty *(např. pancíře, šupiny, peří nebo srst)*. U dospělých jedinců je struna hřbetní značně potlačena a nahrazena vnitřní kostěnou kostrou s malým podílem chrupavek. V osní části se člení na páteř *(tvořenou obratli)* a lebku *(s částí mozkovou a částí obličejovou)*. Končetiny obratlovců mají jednotný stavební plán.

Centrem velmi výkonné uzavřené cévní soustavy obratlovců je svalnaté srdce. Přenos kyslíku se uskutečňuje speciálními krevními buňkami *(červenými krvinkami – erytrocyty)*, obsahujícími červené krevní barvivo hemoglobin. Vylučování u obratlovců se uskutečňuje párovými ledvinami mezodermálního původu. Životní pochody řídí specializovaný nervový systém a složitá soustava žláz s vnitřní sekrecí. Informace o okolním prostředí vnímají obratlovci smyslovými ústroji, umístěnými převážně na hlavě *(komorové oči, blanitý labyrint vnitřního ucha, čichové ústrojí atp.)*. Obratlovci mají mimořádnou schopnost ukládat zásobní látky s vysokou hodnotou spalné energie *(polysacharid glykogen a tuky)*. Intenzivní látková výměna obratlovců, umožněná výkonným ústrojím krevního oběhu, dýchací a vylučovací soustavou, jim umožňuje zcela nebývalou časoprostorovou aktivitu.

Obratlovce můžeme podle různých hledisek dělit na dvě velké skupiny:

a) Podle jejich převládajícího životního prostředí na **obratlovce vodní s ploutvemi** *(ploutvovci – Pisces)* a **suchozemské s kráčivýma nohama** *(čtvernožci – Tetrapoda)*.

b) **Obratlovce kladoucí vejce do vody**, jejichž zárodky nemají obaly amnion a allantois *(bezblanní – Anamnia)*, a **obratlovce**, **jejichž vejce se vyvíjejí mimo vodu**, což je umožněno právě přítomností těchto ochranných obalů *(blanatí – Amniota)*.

c) Na **bezčelistnatce** *(Agnatha)* a **čelistnatce** *(Gnathostomata)*, u nichž se dva žaberní oblouky v průběhu fylogeneze přeměnily v čelisti.

Obratlovce systematicky třídíme takto:

podkmen:	**Obratlovci** *(Vertebrata)*
nadtřída:	**Bezčelistnatci** *(Agnatha)*
třída:	**Kruhoústí** *(Cyclostomata)*
nadtřída:	**Čelistnatci** *(Gnathostomata)*
třídy:	+**Pancířnatci** *(Placodermi)*
	Paryby *(Chondrichthyes)*
	Paprskoploutví *(Actinopterygii)*
	Svaloploutví *(Sarcopterygii)*
	Obojživelníci *(Amphibia)*
	Plazi *(Reptilia)*
	Ptáci *(Aves)*
	Savci *(Mammalia)*

Zoologové nejnověji zavádějí sběrnou skupinu „**rybovití obratlovci**“, která je v tabulce vyznačena šedou plochou.

■ ■ Nadtřída: **BEZČELISTNATCI** *(Agnatha)*

Nepočetná skupina vodních obratlovců s poměrně jednoduchou tělní organizací, bez čelistí a bez párových končetin. Po celý život mají primárně zachovánu chordu. Živí se filtrací nasávané vody, příp. dravě paraziticky. V současné době žije pouze jediná třída kruhoústí *(Cyclostomata)*.

■ Třída: **KRUHOÚSTÍ** *(Cyclostomata)*

Tvar těla kruhoústých je hadovitě protáhlý s nepárovým ploutevním lemem zadní části těla. Kostra je chrupavčitá. Jejich vývoj probíhá přes larvu zvanou **minoha**. Minoha nemá obžaberní prostor. Živí se řasami, filtrovanými z nasávané vody.

Mihule potoční *(Lampetra planeri)* dorůstá velikosti 15 cm. Hlava, trup a ocas nejsou od sebe zřetelně odlišeny. Na předním konci těla má širokou přísavnou nálevku s ústním otvorem. Je pozoruhodné, že po dokončení proměny, tedy **v dospělosti**, již žádnou **potravu nepřijímá** a její trávicí soustava zakrňuje. Za hlavou po stranách těla má sedm v řadě ležících žaberních otvorů. Kůže mihule je lysá, s množstvím žláznatých buněk, produkujících ochranný slizový hlen. Ploutevní lem zadní části těla vytváří souměrnou ocasní ploutev a dva méně zřetelné oddíly hřbetní.

Kostra mihule potoční je **chrupavčitá**. (*Mozek je shora krytý pouze vazivovou blánou.*) Svalstvo mihulí se neupíná na osní kostru, nýbrž na myosepta. Další ojedinělou pozoruhodností jsou žábry mihulí uložené v kulovitých váčcích s lupínky, bohatě prokrvenými vlásečnicemi. S okolním vodním prostředím komunikují žaberními otvory. Mihule má pro vodní živočichy typické **venózní srdce**, tvořené jednou předsíní a jednou síní. *(Venózním srdcem prochází pouze odkysličená krev.)*

Dospělé mihule vykazují mezi obratlovci zcela nejjednodušší soustavu nervovou *(s relativně malou hmotou mozku ve srovnání s hmotou míchy, s vyvinutými všemi pěti oddíly, typickými pro mozek obratlovců)*. Rovněž smyslové orgány mihulí jsou velmi primitivní. Mezi žaberními štěrbinami po stranách hlavy je proudový orgán s funkcí obdobnou postranní čáře ryb. Vylučování škodlivých látek obstarávají **prvoledviny** *(opistonefros)* v zadní polovině těla. Mihule jsou odděleného pohlaví. Třou se na jaře. Larva minoha se po 3–4 letech mění v dospělou mihuli. Po dosažení pohlavní dospělosti se mihule vytírají a obvykle zahynou.

Systematicky rozlišujeme dva řády kruhoústých: **mihule** a **sliznatky**.

◇ **Mihule** *(Petromyzoniformes)* mají ústní otvor lemován štěrbinovitě složenými mohutnými pysky, které mají při přisátí kruhovitý tvar. Zpravidla mají 7 párů žaberních štěrbin.

Kromě výše popsaného druhu se ještě počátkem 20. století v našich řekách vyskytovala **mihule říční** *(Lampetra fluviatilis)*. Má ústní přísavku s rohovitými zuby a svalnatý jazyk, jímž nasává směs krve a narušených tkání z tělní stěny poraněného hostitele.

Na severní polokouli žije při atlantickém pobřeží **mihule mořská** *(Petromyzon marinus)*. Dosahuje velikosti až 100 cm.

◇ **Sliznatky** *(Myxiniformes)* přísavný terč nevytvářejí. Oči sliznatek jsou přerostlé kůží a jsou druhotně redukovány. Pohlavní žláza sliznatek, táhnoucí se pásovitě podél střeva, má v přední části stavbu samičí gonády a v zadní části stavbu gonády samčí. Anatomicky jsou tedy hermafrodity. Bylo však ověřeno, že každý jedinec má aktivní pouze jednu z obou částí, takže funkčně jsou sliznatky pohlaví odděleného *(gonochoristé)*.

Sliznatky mají tělesnou organizaci primitivnější než mihule *(oči např. zakrňují a jsou překryty kůží)*. Sliznatky mají nápadně vyvinuté a mimořádně výkonné slizotvorné žlázy *(podle nich jsou i pojmenovány)*. Množství vylučovaného slizu je obrannou reakcí sliznatek při pobytu v útrobách napadených ryb. **Sliznatka cizopasná** *(Myxine glutinosa)* napadá poraněné, oslabené a uhynulé ryby.

■ ■ Nadtřída: **ČELISTNATCI**
(Gnathostomata)

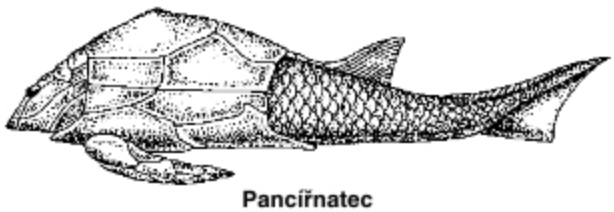
Pro čelistnatce je charakteristická složitá stavba těla a mimořádná životní aktivita. Bývají rychlí a kořisti se zmocňují čelistmi, vzniklými vývojovou přeměnou prvních žaberních oblouků. Vždy mají vyvinuty **párové končetiny s vnitřní kostrou**. Svou hmotností i velikostí nápadně převládají nad ostatními živočišnými druhy.

Dělíme je na větev **ploutvovci** *(Pisces)*, k níž řadíme vymřelou třídu **pancířnatí** *(Placodermi)* a z recentních tříd **paryby** *(Chondrichthyes)*, **paprskoploutví** *(Actinopterygii)*, **svaloploutví** *(Sarcopterygii)* a dále větev **čtvernožci** *(Tetrapoda) (str. 153)*, k níž řadíme zbývající třídy obratlovců, mající pětiprsté kráčivé končetiny a obývající souš *(vodní druhy obývají toto prostředí druhotně)*.

Ploutvovci *(Pisces)* jsou nižší vodní obratlovci s končetinami typu ploutve. Lebku mají s páteří spojenu nepohyblivě, krční oddíl páteře vytvořen není. Kromě párových ploutví mají i ploutve liché. Dýchají žábrami. Srdce ploutvovců je venózní (1 + 1), *(mají tedy pouze jediný krevní oběh)*.

■ Třída: + **PANCÍŘNATCI** *(Placodermi)*

Dominovali v devonských mořích. Vzhledem připomínali současné ryby. Jejich hlavu a přední polovinu těla kryly desky kostěného pancíře kožního původu. Zadní část těla byla kryta šupinami, ocasní ploutev měli heterocerkní *(s mohutnější horní částí)*. Hrudní ploutve byly mimořádně dlouhé, břišní ploutve naopak redukované. Chordu měli zachovánu po celý život a čelisti měli bezzubé. Žili při dně všech typů vod. Byli schopni jen pomalého pohybu.



Pancířnatec

■ Třída: **PARYBY** *(Chondrichthyes)*

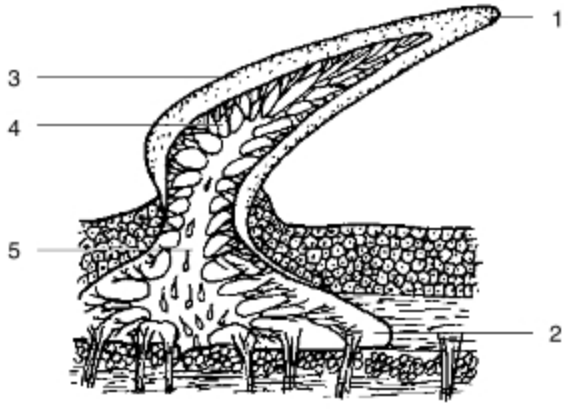
Vnitřní **kostra** paryb zůstává po celý život **chrupavčitá**. Většina druhů se živí dravě. Vřetenovitý tvar těla jim umožňuje dosažení značné rychlosti *(tvar těla žraloka byl předlohou konstruktérům torpéd válečného námořnictva)*. Ocasní ploutev bývá heterocerkní. Hrudní ploutve jsou vodorovné. Lebka paryb má protaženou obličejovou část *(rostrum)*. Ústní otvor je uložen vespod hlavy napříč pod rostrem. Je tvořen mohutnými čelistmi s několika řadami zubů, vzniklých z plakoidních šupin, pokrývajících celé tělo. Párové žaberní štěrbiny se otvírají na povrch těla po stranách hlavy samostatně. Oplození paryb je vnitřní. Samci mají párové kopulační orgány *(pterygopody)*, vzniklé vývojovou proměnou části břišních ploutví. Vejce paryb jsou velká. Jejich vývoj probíhá bez proměny. Mnohé druhy jsou živorodé. Dorůstají do středních až velkých rozměrů. Patří sem **žraloci**, **rejnoci** *a* **chiméry**.

◇ Řád: **Žraloci** *(Selachiformes)*

Při březích evropských moří bývá častým druhem žralok **máčka skvrnitá** *(Scylliorhinus canicula)*. Dosahuje velikosti kolem 70 cm. Má vřetenovité tělo, které je nejširší v místě prolomení žaberních štěrbin. Směrem dozadu se zužuje. Zdrojem pohybu máčky skvrnité je heterocerkní ocasní ploutev *(s mohutnější horní větví, do níž proniká konec páteře)*. Dvě nepárové ploutve má na hřbetě a jednu *(řitní)* za řitním otvorem. Hrudní a břišní ploutve žraloka jsou párové *(slouží jako účinné výškové kormidlo)*. V těle jsou párové končetiny ukotveny pletencem lopatkovým a pánevním, s nímž jsou spojeny kloubně.

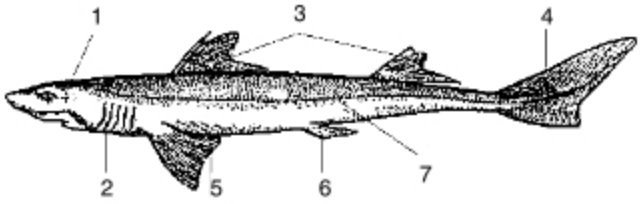
Povrch těla máčky skvrnité je tvořen mnohovrstevnou pokožkou *(epidermis)* a pod ní ležící škárou *(cutis)*. V ní jsou bazálními destičkami kosodélníkovitého tvaru zakotveny **plakoidní šupiny**, tvořící charakteristický drsný povrch žraloka. Mají stavbu obdobnou stavbě zubu obratlovců *(jejich dentin je jedinou kostní tkání žraločího těla)*. Emailový vrchol plakoidních šupin je háčkovitě otočen k zádi těla. Plakoidní šupiny jsou na čelistech přeměněny v několik řad mohutných zubů, které bývají po opotřebování nahrazovány dalšími generacemi dorůstajících zubů *(tzv. polyfiodontní chrup)*.

Páteř je tvořena obratli amficélního typu *(s tělem zpředu i zezadu vydutým)*. Struna hřbetní prostupuje souvisle středními otvory těl všech obratlů. V trupové části na obratle navazují žebra. Lebka žraloka je široká, s očnicemi daleko od sebe, kryjící svou mozkovnou poměrně dokonale mozek.



Podélný řez plakoidní šupinou
1 – hrot šupiny, 2 – bazální ploténka uložená v kožním vazivu, 3 – sklovina *(vitrodentin)*, 4 – osteodentin, 5 – dutinka, jíž vstupují cévy, zajišťující výživu

Máčka skvrnitá se kořisti zmocňuje čelistmi s plakoidními zuby *(některé druhy žraloků se živí – druhotně – filtrací planktonu)*. Dutina ústní přechází v hltan, prolomený pěti páry žaberních štěrbin. Jícen pokračuje bez zúžení do zahnutého žaludku. Střevo je nerozlišené, v zadní části poměrně široké, s vnitřní spirální řasou. Přechází v kloaku, jíž trávicí soustava vyúsťuje na povrch těla. Žralok má nápadně **veliká játra** *(tvořící až 10 % hmotnosti těla)*, která jsou jednak zásobárnou tuku, ale plní i funkci hydrostatického orgánu, snižujícího měrnou hmotnost těla ve vodě.



Vnější vzhled těla žraloka
1 – spirakulum, 2 – žaberní štěrbiny, 3 – dvě hřbetní ploutve, 4 – heterocerkní ocasní ploutev, 5 – ploutev prsní, 6 – ploutev břišní, 7 – postranní čára

Dýchání žraloka zabezpečuje 5 párů žaber, omývaných vodou, nabíranou ústním otvorem pumpovacími pohyby hltanu. Potřebný proud vody je vytvářen pohybem žraloka. **Nemá** vytvořen **plynový měchýř** typický pro ryby. Při hladině se udržuje výhradně činností svého svalstva. Odpočívá položen na mělčině.

Mozek máčky skvrnité je protáhlý, se zejména vyvinutým koncovým mozkem s mohutným čichovým lalokem a mozečkem. Osa mozku je mírně prohnutá. Žraloci mají velké ploché oči a smysly čichu, chuti, proudový a rovnovážný orgán.

Na hlavě má kromě zřetelných poloměsíčitých nozder *(žralok je velmi vnímavý na chemické složení vody; krev ve vodě vnímá na několikamílové vzdálenosti)* a složitého systému kanálků proudového orgánu *(s funkcí postranní čáry ryb)* i několik set tzv. Lorenziniho ampulí pro **vnímání** elektrických podnětů *(svalového potenciálu)* **pohybující se kořisti**.

Srdce máčky skvrnité je **venózní**, je uloženo v uzavřeném osrdečníku. Krev je čerpána jednosměrně do břišní aorty, z níž vychází 5 párů žaberních tepen: okysličená krev je sbírána hřbetní aortou s dopředu vybíhajícími krkavicemi, zásobujícími mozek. Další zvláštností je **vysoký obsah močoviny v krvi** žraloka *(až 0,8 %)*, který až stonásobně převyšuje hodnoty obvyklé u mořských ryb. Žralok tak vyrovnává osmotický tlak okolní mořské vody.

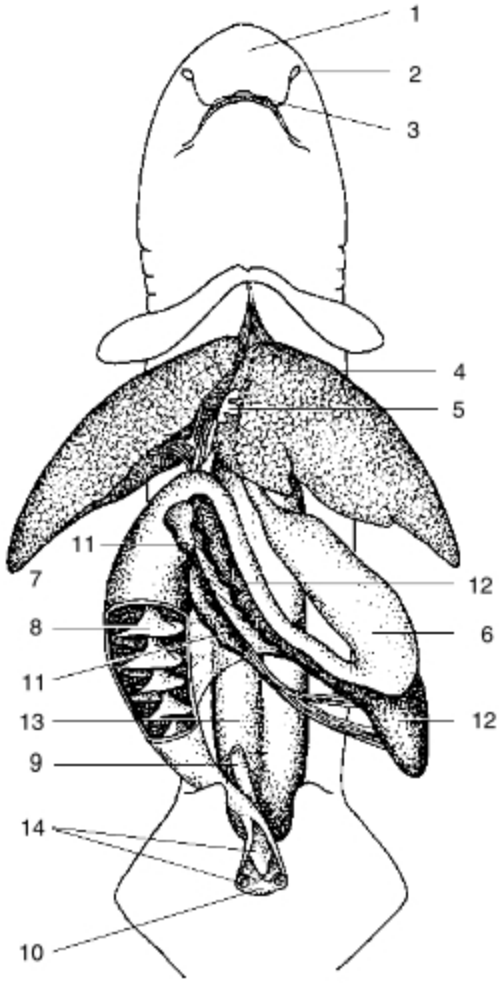
Vylučovacími orgány máčky skvrnité jsou protáhlé, párové, po stranách páteře ležící prvoledviny *(opistonefros)*, společně vyúsťující do kloaky.

Máčka skvrnitá je pohlaví odděleného, bez nápadného pohlavního dimorfismu. Vaječníky i varlata a jejich vývody jsou párové. Vnitřní část břišních ploutví samců je upravena ke kopulaci *(pterygopody, syn. mixopterygia)*. Oplození žraloků je tedy vnitřní.

Jejich **vajíčka** jsou velká, **bohatá žloutkem**. Bývají v pevných čtyřúhelníkovitých schránkách se spirálně točenými úponky, jimiž se uchycují např. na chaluhách. Řada žraločích druhů je živorodá. Vývoj žraločích mláďat je přímý. **Počet mláďat** *(2–4 ročně)* je ve srovnání s rybami velmi **nízký**.

Vejce máčky skvrnité

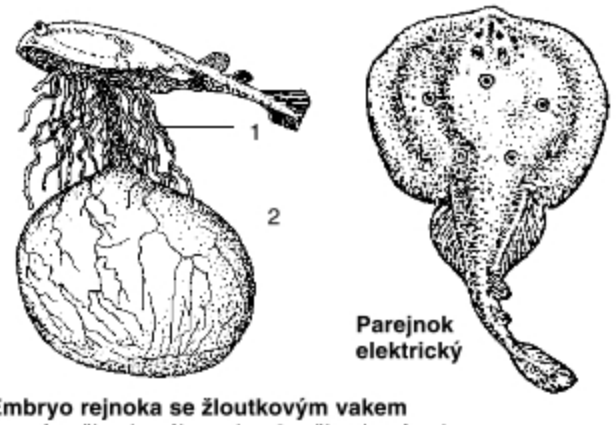
Žraloci jsou s výjimkou několika druhů rodu **Carcharias** *(jezera v Nicaragui)* výhradně mořskými druhy, které jsou rozšířeny zejména v teplých mořích Indického a Tichého oceánu. Některé druhy jsou rozšířeny kosmopolitně *(nevyskytují se pouze v Baltu a v Kaspickém moři)*. Dosahují velikosti 1–15 m.



Tělní ústrojnost žraloka
1 – rostrum, 2 – nosní otvory, 3 – příčná spodní ústa, 4 – játra, 5 – žlučník, 6 – žaludek, 7 – střevo, 8 – spirální řasa tlustého střeva, 9 – rektální žláza, 10 – kloaka, 11 – slinivka břišní, 12 – slezina, 13 – prvoledviny, 14 – vyústění močopohlavních cest

◇ Řád: **Rejnoci** *(Rajiformes)*

Rejnoci jsou typičtí svým **plochým tělem**. Jejich párové ploutve srůstají a tvoří lem těla. Ocas některých druhů je protažen v bičovitý výběžek. Hřbetní a ocasní ploutve zakrňují. Rejnoci jsou přizpůsobeni k životu u dna. Na spodní straně těla je 5 žaberních štěrbin, čichové jamky a ústa. Plavou vlnivými pohyby svých prsních ploutví.



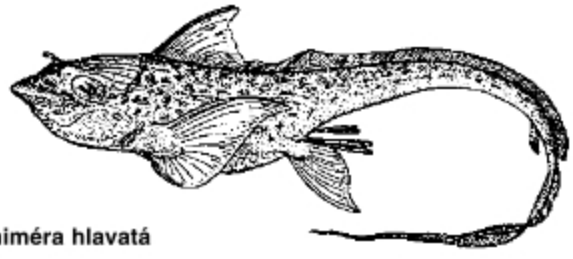
Embryo rejnoka se žloutkovým vakem
1 – cévy žloutkového vaku, 2 – žloutkový vak

Trnucha obecná *(Dasyatis pastinaca)* má na hřbetě u kořenu ocasu trn s jedovou žlázou, jíž užívá v obraně. **Parejnok elektrický** *(Torpedo marmorata)* má schopnost vytvářet svalovou činností *(tzv. „svalové baterie")* statickou elektřinu, jejímž výbojem *(až 300 V)* omračuje kořist, příp. se i sám brání proti útočníkům.

◇ Řád: **Chiméry** *(Holocephali)*

Bývá nejnověji uváděn jako samostatná podtřída na úrovni **příčnoústých** *(Elasmobranchii)*, do níž jsou společně zahrnuti žraloci s rejnoky. Např. **chiméra hlavatá** *(Chimaera monstrosa)*, obývající severní část Atlantiku a Středozemní moře. Žije u dna v hloubkách 100 až 500 m.

Chiméry mají bizarní vzhled. Jejich tělo je protáhlé, má velké prsní ploutve a bičovitý ocas. Tělo není plakoidními šupinami kryto souvisle. Od příčnoústých *(tedy od žraloků i rejnoků)* se chiméry liší řadou anatomických znaků, např. mají pouze čtyři žaberní štěrbiny kryté kožním záhybem *(tzv. nepárovou skřelí)*, nemají ani střevní řasu a chybí jim kloaka. V ústech mají zuby ve tvaru plochých destiček, které nejsou dále doplňovány *(monofiodontní chrup)*. Vykazují zřetelný pohlavní dimorfismus *(samci mají na hlavě výrůstek, sloužící k přichycení samice při páření)*.



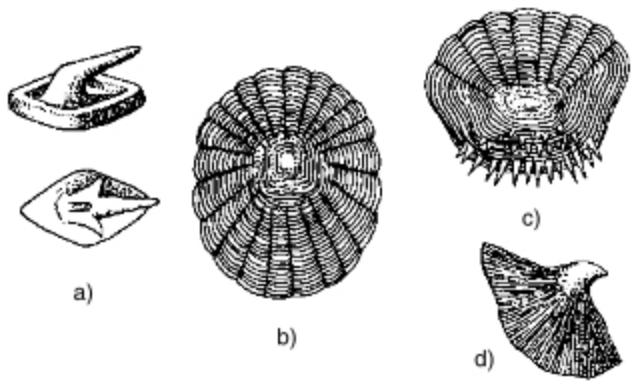
Chiméra hlavatá

■ Třída: **PAPRSKOPLOUTVÍ** *(Actinopterygii)*

„Pravé ryby" jsou druhově nejpočetnější třída obratlovců *(přes 24 000 druhů)*. Jsou prvotními obyvateli vodního prostředí, po celý život dýchají žábrami. Vyvinuly se ve sladkých vodách. Mořské vodní prostředí osídlily teprve druhotně. V jejich kostře výrazně převažují kosti nad chrupavkami. Ve škáře vytvářejí **kostěné šupiny**, taškovitě kryjící povrch těla. Žaberní přepážky jsou redukovány, společná žaberní dutina je kryta skřelemi. Vychlípením hřbetní části hltanu fylogeneticky vznikl **plynový měchýř** s hydrostatickou funkcí. Oplození ryb je mimotělní. Pro ryby je zpravidla typická **obrovská produkce potomstva**.

Např. **kapr obecný** *(Cyprinus carpio)* stavbou svého těla je dokonale přizpůsoben životu ve vodě. **Hydrodynamický tvar** mu umožňuje snadný pohyb. Odpor vodního prostředí snižuje vylučováním slizu z četných jednobuněčných žláz, umístěných v pokožce *(sliz rovněž brání bobtnání kůže, která je v neustálém styku s vodou, zamezuje pronikání mikroorganizmů do těla i rychlému vysychání ryby, pokud se přechodně ocitne na suchu)*. Hlava kapra je vpředu zahrocená. Dozadu se rozšiřuje a přímo přechází v trup, s nímž je nepohyblivě spojená. Od poloviny těla se trup kapra zužuje k ocasní ploutvi. Hlava končí v rovině nejzazšího konce skřele. Hranici trupu a ocasu tvoří rovina, procházející kolmo na osu těla otvorem řitním. Kůže kapra je hladká, slizovitá, na hřbetě olivově zelená, vespod těla bělavě žlutá. Ze škáry *(zcela bez podílu pokožky!)* vyrůstají kostěné šupiny cykloidního tvaru. Rostou po celý život ryby. Jejich základem je centrální ploténka, k níž během intenzivnějšího růstu za tepla a hojnosti potravy přirůstají soustředné lamely *(circuli)*.

V době nedostatku bývají nahuštěny v letokruhy *(annuli)*, podle nichž je možno určit stáří jedince. Po stranách těla kapra, asi uprostřed jeho výšky, je patrná temnější **postranní čára** *(linea lateralis)*, táhnoucí se od hlavy až po ocasní ploutev. Jemnými otvůrky zde voda může pronikat do podélného kanálku pod šupinami, v němž nervová zakončení zaznamenávají chvění vody. Tento tzv. „dalekohmatný" ústroj umožňuje orientaci ryby v kalné vodě a za tmy.



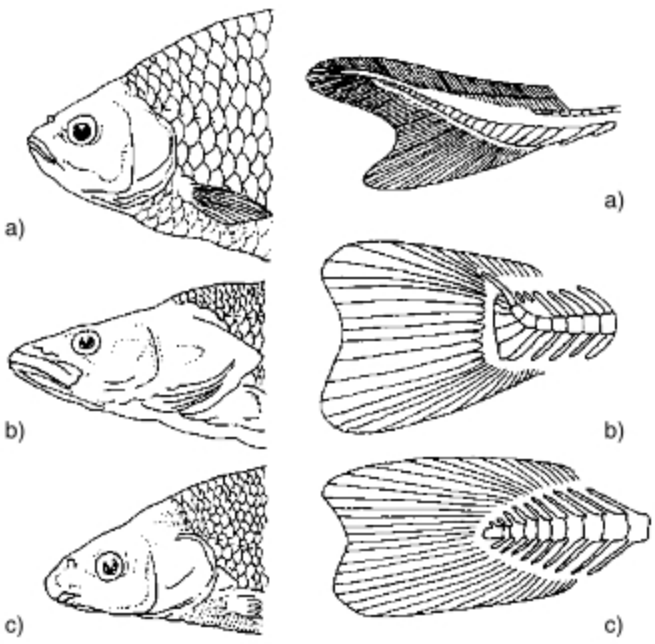
Typy rybích šupin
a) plakoidní šupina žraloka, b) cykloidní šupina kaprovitých ryb, c) ktenoidní šupina okouna, d) ganoidní šupina jeseterů

Na hlavě má kapr velká koncová ústa s bezzubými čelistmi. Při vnějších ústních koutcích má masité hmatové výběžky *(tzv. vousy)*, jimiž na dně vyhmatává potravu. Na hřbetní části hlavy má dvě s ústní dutinou nesouvisející nozdry, vystlané vrstvou čichových buněk. Po stranách hlavy má kapr dvě velké kruhové **oči bez víček**. Za očima nasedá po stranách párová, tenká a pohyblivá kostěná šupina porostlá kůží *(skřele – operculum)*, kryjící žaberní dutinu s bohatě prokrvenými žábrami.

Na hřbetě kapra je poměrně vysoká hřbetní ploutev. Její přední 3–4 paprsky jsou kostěné *(ostny)*, ostatní jsou měkké, tvořené vazivem.

Utváření ploutví a počet jejich tuhých a měkkých paprsků jsou, podobně jako nasazení úst, utváření šupin a průběh postranní čáry, jsou významnými znaky, sloužícími k určování ryb.

Ocas kapra je vrouben širokou, mírně vykrojenou ocasní ploutví, vyztuženou vazivovými, paprsčitě se rozbíhajícími ostny. Ocasní ploutev kapra je vně symetrická, vnitřně asymetrická. Je nejen směrovým kormidlem kapra, ale zejména hlavním zdrojem jeho pohybu. Další liché ploutve *(hřbetní a řitní)* mají funkci stabilizace těla ve vodě. Párové ploutve prsní a břišní rovněž udržují stabilitu těla a pomáhají měnit směr pohybu. Ihned za hlavou jsou na bocích těla prsní ploutve, více vzadu *(avšak před řitním otvorem)* jsou párové ploutve břišní.



Postavení úst u ryb

a) ústa horní *(perlín – získává potravu u vodní hladiny)*
b) ústa koncová *(dravé ryby, např. candát)*
c) ústa dolní *(ostroretka, podoustev – sbírají potravu u dna)*

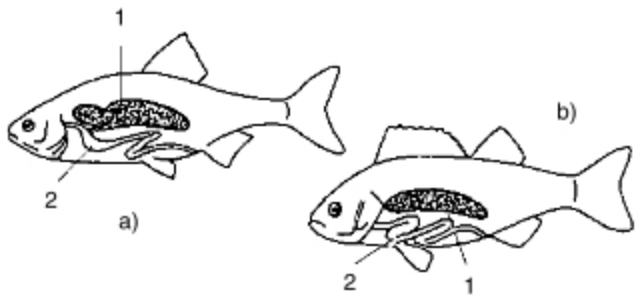
Typy ocasních ploutví

a) heterocerkní – nesouměrná ploutev chrupavčitých a žraloků
b) homocerkní – vně souměrná ploutev paprskoploutvých
c) difycerkní – vně i uvnitř souměrná ploutev *(např. bichir africký)*

Oporu těla kapra tvoří **zkostnatělá vnitřní kostra**. Je tvořena dvěma typy kostí: kostmi vznikajícími osifikací *(zkostnatěním)* chrupavek a krycími kostmi kožního původu *(zejména na lebce)*. Osní kostra je tvořena páteří s nediferencovanými, dvojdutými *(amficélními)* obratli, rozlišenými pouze na oddíl trupový a ocasní. Mezi jednotlivými obratli jsou zachovány zbytky chordy. V kosterní svalovině kapra jednoznačně převládá segmentovaný podélný boční sval.

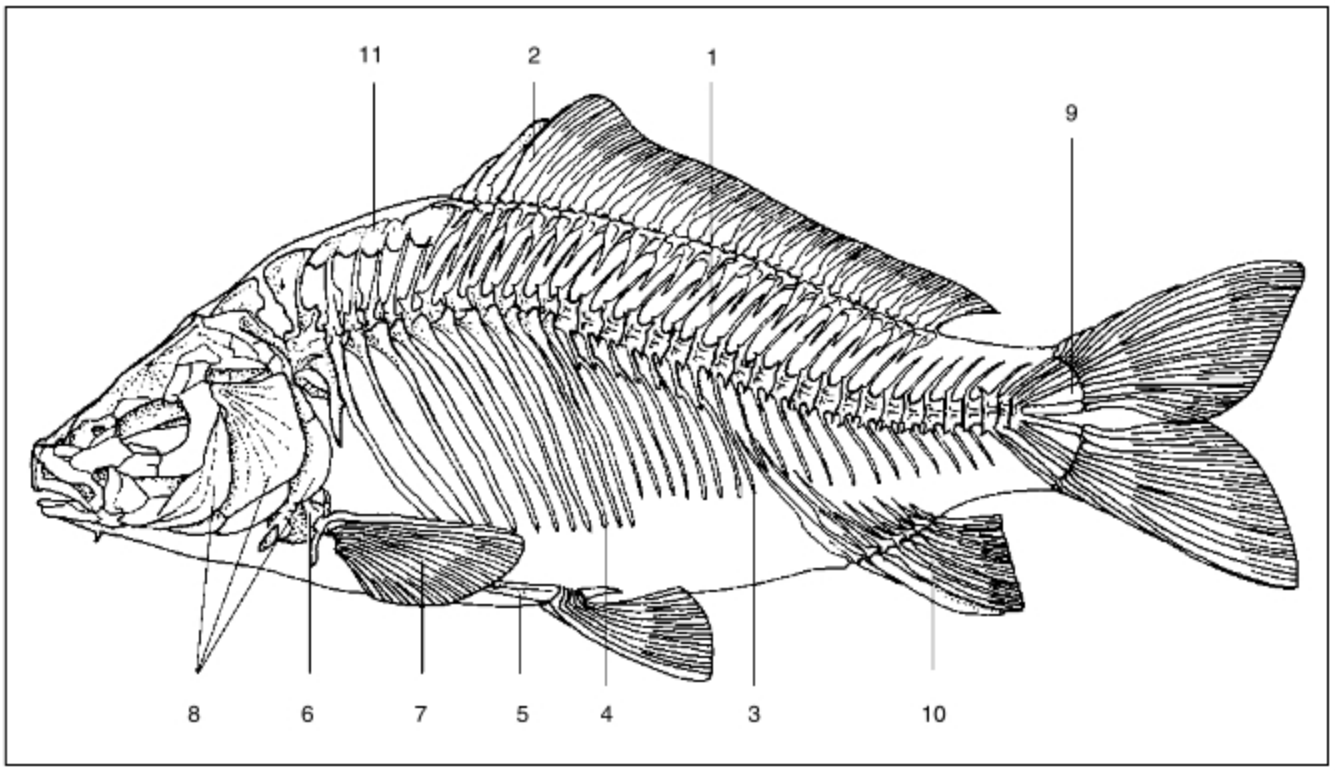
Trávicí soustava kapra začíná bezzubými ústy. Potravu mechanicky zpracovává tzv. požerákovými zuby, vzniklými přeměnou dolní části posledního páru žaberních oblouků. Nemá slinné žlázy! Na dně hltanu jsou požerákové zuby, sloužící k mechanickému zpracování potravy. Jícen je krátký a široký. Silně prohnutý žaludek má tvar vaku. Na počátku střeva jsou výběžky s funkcí sekrece trávicích enzymů. Střevo kapra je úzké, nedělené, tvoří několik kliček a vyúsťuje řitním otvorem. Kapr má velká játra se žlučovým váčkem.

Kapr dýchá bohatě prokrvenými žaberními lupínky, uspořádanými do 4 párů žaberních oblouků. Ty jsou párové, umístěné po stranách hlavy v žaberních dutinách, chráněných skřelemi. Kapr vodu nabírá do úst při uzavřených skřelích. Pak uzavře ústa a nadzdvihne skřele. **Vodu** přitom **cedí**; **potravu polyká** *(vodu nepolyká nikdy!)*. Voda omývá žaberní lupínky, na jejichž povrchu dochází k výměně plynů, a pod skřelemi opouští tělo. Pozoruhodným ústrojem kapra je plynový měchýř. Neslouží k dýchání. Vznikl fylogeneticky jako vychlípenina hřbetní části hltanu s funkcí hydrostatického ústroje. Má stěny bohatě prokrvené vlásečnicemi. Umožňuje regulovat hustotu těla ryby podle specifické hmotnosti příslušné vrstvy vody, v níž se jedinec nachází *(pozn.: při rychlém vytažení ryb, žijících ve větších hloubkách, přetlak plynového měchýře vytlačí žaludek rybě z úst, příp. plynový měchýř praskne)*.

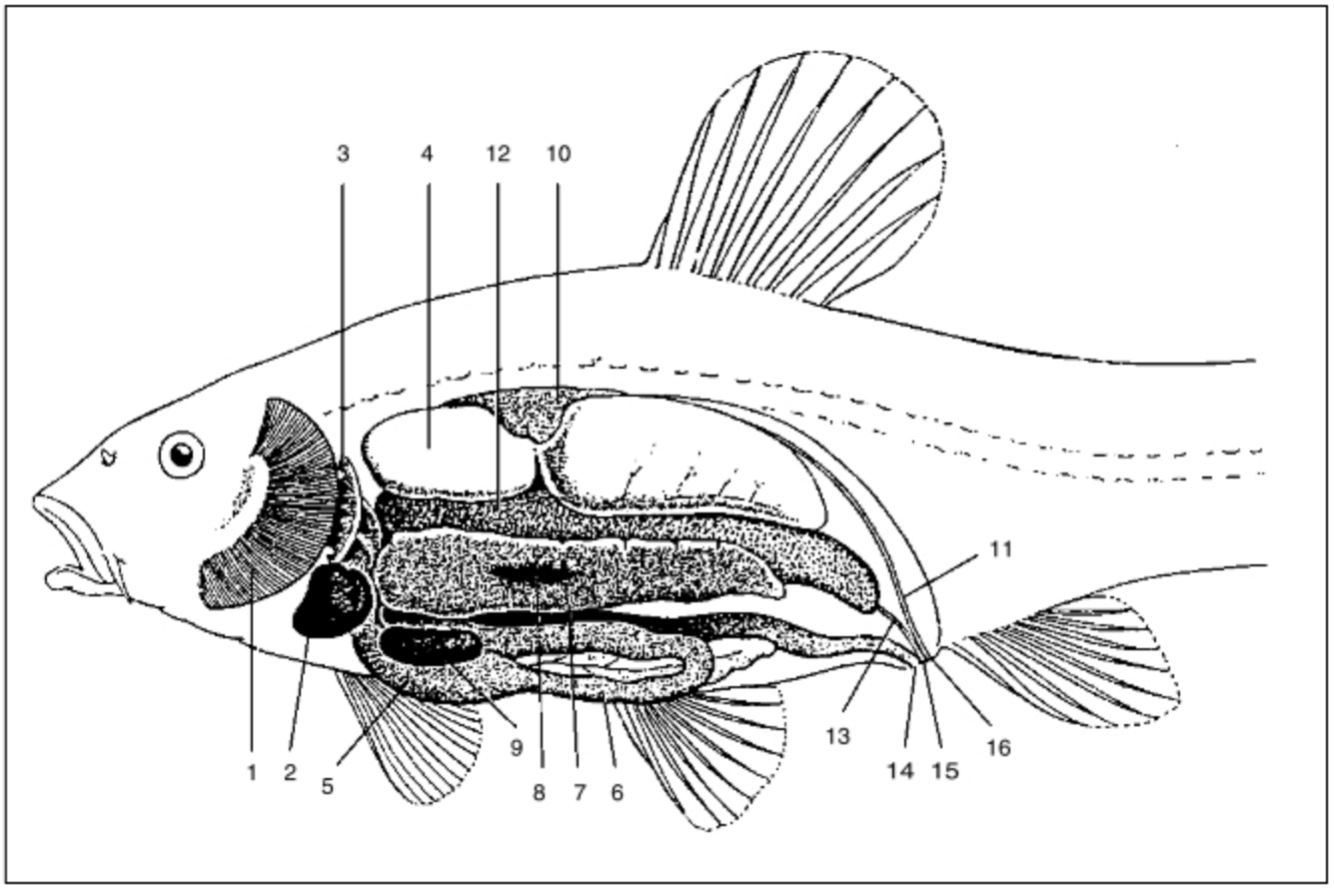


Plynový měchýř ryb
a) máloostných *(spojený s trávicí soustavou)*
b) ostnoploutvých *(oddělený od trávicí soustavy)*
1 – plynový měchýř, 2 – trávicí soustava ryb

Centrem cévní soustavy kapra je venózní srdce *(typické pro všechny primárně vodní strunatce)*, uložené na břišní straně těla za hlavou. Srdcem prochází výhradně krev odkysličená. Její jednosměrný tok je zajištěn chlopněmi. Okysličená krev je hřbetní aortou vedena do těla. Červené krvinky kapra jsou velké, oválně vejčité a mají jádro.



Kostra kapra
1 – hřbetní trnové výběžky obratlů, 2 – paprsky hřbetní ploutve, 3 – břišní trnové výběžky obratlů, 4 – žebra, 5 – pánevní pásmo břišní ploutve, 6 – lopatkové pásmo, 7 – paprsky prsní ploutve, 8 – skřelové kosti, 9 – urostyl, 10 – paprsky řitní ploutve, 11 – Weberův orgán



Anatomie kaprovité ryby *(lín obecný)*
1 – žábry, 2 – srdce, 3 – požerákové zuby, 4 – plynový měchýř, 5 – žaludek, 6 – slinivka břišní, 7 – játra, 8 – žlučník, 9 – slezina, 10 – ledvina, 11 – močovod, 12 – vaječník, 13 – vejcovod, 14 – řitní otvor, 15 – ústí vejcovodu, 16 – ústí močovodu

Vylučování dusíkatých látek z těla kapra se děje úzkými hnědočervenými ledvinami, které jsou uloženy podélně mezi páteří a plynovým měchýřem.

V centrální nervové soustavě **převládá hmota míchy nad hmotou mozku**. Kapří mozek má 5 částí *(relativně malý je přední mozek, rozvinutější je zejména střední mozek a mozeček patrně v důsledku rychlého aktivního pohybu vodním prostředím).* Z mozku vychází 10 párů mozkových nervů. Součástí nervové soustavy kapra jsou i obvodové *(periferní)* nervy, vystupující z páteřní míchy, a autonomní vegetativní nervová soustava, inervující útrobní orgány. Ze smyslových ústrojů má kapr po stranách hlavy vyvinuté velké párové **ploché oči**, uzpůsobené k vidění ve vodě na krátké vzdálenosti. Mají plochou rohovku a velkou kulovitou čočku. **Zaostřování oka** se děje **přiblížením čočky** sítnici zvláštním očním svalem. V sítnici kapřího oka jsou obsaženy jak tyčinky, tak čípky *(má tedy schopnost barevného vidění).* Oční víčka a slzní žlázy vytvořeny nemá. Statoakustický orgán je tvořen vnitřním uchem. Postranní čára slouží k vnímání proudění vody. Weberův orgán *(soustava výrůstků na několika předních obratlích)* registruje změny tlaku vody. Chuťové buňky jsou soustředěny na výrůstcích v okolí úst.

Kapři *(podobně jako téměř všechny druhy ryb)* jsou pohlaví odděleného. Jejich varlata i vaječníky jsou párové. Samci *(mlíčňáci)* produkují mlíčí, samice *(jikernačky)* jikry. **Oplození** kaprů je **mimotělní**. V přirozeném prostředí *(kapr je původní rybou dolního toku Dunaje)* se ke tření shromažďují na mělčinách s nejvhodnějšími podmínkami pro oplození jiker, zvaných **trdliště**. Pro kapra, podobně jako pro všechny ryby, je typická značná nadprodukce potomstva. Z oplozených jiker se líhne plůdek, podobný dospělým rybám. Vývoj kapra je tedy přímý.

SYSTEMATICKÝ PŘEHLED PAPRSKOPLOUTVÝCH

Jejich systematické hodnocení je složité. Vědci se zatím nesjednotili na hodnocení jejich příbuzenských vztahů.

Známé zástupce řadíme do asi 70 řádů, z nichž zhruba polovina jsou řády vymřelé.

třída: **paprskoploutví** *(Actinopterygii) (pravé ryby)*

nadřády: **chrupavčití** *(Chondrostei)*

mnohokostnatí *(Holostei)*

kostnatí *(Teleostei)*

Moderní zoologická systematika tedy rozlišuje paprskoploutvé a jim nepříbuzné svaloploutvé. Všechny druhy paprskoploutvých *(tedy tzv. „**pravých ryb**“)* mají slepé čichové jamky a mnohé též plynový měchýř, fungující jako hydrostatický ústroj. Hospodářský význam mají pouze chrupavčití a kostnatí.

◆ Nadřád: **CHRUPAVČITÍ** *(Chondrostei)*

Jsou starobylá skupina, připomínající některými znaky paryby *(např. vespod hlavy příčně postavená ústa, spodní nozdry, spirální řasa střeva, heterocerkní ocasní ploutev, vodorovné prsní ploutve).* Současné druhy jsou zastoupeny řádem **jeseteři** *(Acipenseriformes).*

◇ Řád: **Jeseteři** *(Acipenseriformes)*

Představují vývojově nejstarší žijící paprskoploutvé ryby. Jejich kostra je chrupavčitá, chorda je zachována po celý život. Hlava jeseterů je vpředu nápadně prodloužena v rypec *(rostrum).* Ústa mají extrémně spodní, bezzubá, s četnými hmatovými výrůstky. Tělo je převážně lysé, shora kryté pěti řadami velkých kosočtverečných šupin, krytých sklovitým ganoinem, které se vzájemně nepřekrývají. V počtu asi 25 druhů obývají moře a řeky severní polokoule. Živí se bezobratlými živočichy mořského dna. Vytírají se v pramenných oblastech řek, kam migrují i tisíce kilometrů. Poskytují velmi chutné maso. Jejich jikry se nasolují a upravují jako kaviár.

Např. **jeseter velký** *(Acipenser sturio)*, **jeseter malý** *(Acipenser ruthenus).* **Vyza velká** *(Huso huso)* žije v Černém a Kaspickém moři a v řekách do nich ústících. Živí se na rozdíl od ostatních druhů jeseterů dravě lovem ryb. Dosahuje délky až 9 m, váhy i 1000 kg a stáří až 100 let. Vyza je největší sladkovodní rybou.

◆ Nadřád: **KOSTNATÍ** *(Teleostei)*

Ke kostnatým řadíme 99 % recentních druhů ryb. Jejich ústrojnost odpovídá popisu, uvedenému u kapra. Celá skupina je vývojově relativně mladá a je přizpůsobena životu v nejrozmanitějších typech vod.

Čeleď: **SLEĎOVITÍ** *(Clupeidae)* jsou mořské ryby s koncovými ústy a dlouhou řitní ploutví, žijící v hejnech a živící se planktonem. Hospodářsky nejvýznamnější mořskou rybou severní polokoule jsou sledi *(roční úlovek několik desítek tisíc tun)*, upravovaní jako zavináči, uzenáči nebo slanečci.

Např. **sleď obecný** *(Clupea harengus),* **sardinka obecná** *(Sardina pilchardus),* **šprot obecný** *(Sprattus sprattus),* **sardel ančovička** *(Engraulis ringens).*

Čeleď: **LOSOSOVITÍ** *(Salmonidae)* jsou nápadní drobnou tukovou ploutvičkou bez paprsků, která je mezi hřbetní a ocasní ploutví. Patří sem mořské ryby táhnoucí ke tření do horních toků řek *(lososi)* nebo sladkovodní ryby nejhořejších toků řek a ledovcových jezer *(pstruzi).* Hospodářsky mimořádně významná skupina ryb. Např. **losos obecný** *(Salmo*

salar), **pstruh obecný** *(Salmo trutta),* **pstruh americký duhový** *(Oncorhynchus mykiss).* Do příbuzné čeledi lipanovitých patří **lipan podhorní** *(Thymallus thymallus).*

Z řady dalších čeledí kostnatých ryb se v našich vodách vyskytují i následující druhy ryb: **štika obecná** *(Esox lucius)* je rozšířena po celé severní polokouli. Bývá vysazována i do rybníků, kde loví plevelné druhy ryb, které jsou potravními konkurenty hospodářsky významných druhů.

Kapr obecný *(Cyprinus carpio)* má původ v dolním toku Dunaje. Byl aklimatizován pro chov v rybnících a prošlechtěn. Daří se mu v mělkých prosluněných rybnících s hojností potravy, kterou sbírá u dna. Tento druh se stal základem světového věhlasu českého rybníkářství.

Karas obecný *(Carassius carassius),* **plotice obecná** *(Rutilus rutilus),* **jelec tloušť** *(Leuciscus cephalus),* **střevle potoční** *(Phoxinus phoxinus).*

Lín obecný *(Tinca tinca),* **cejn velký** *(Abramis brama),* **hrouzek obecný** *(Gobio gobio).* **Parma obecná** *(Barbus barbus)* oblíbený předmět lovu sportovních rybářů *(vnitřnosti parmy nejsou poživatelné!!).*

Hořavka duhová *(Rhodeus sericeus),* samička, má kladélko, jímž klade poměrně málo jiker do plášťové dutiny škeble rybničné, v níž prodělávají svůj vývoj *(str. 152).*

Amur bílý *(Ctenopharyngodon idella)* a **tolstolobik obecný** *(Hypophthalmichthys molitrix)* jsou býložravé východoasijské druhy, dnes již úspěšně uměle chované u nás.

Mřenka mramorovaná *(Noemacheilus barbatulus)* nebo **piskoř páskovaný** *(Misgurnus fossilis)* s vyvinutým střevním dýcháním, umožňujícím mu polykáním vzduchu přečkat i určitou dobu při vypouštění rybníka.

Sumec velký *(Silurus glanis)* je naší největší rybou. Má tělo lysé.

Hospodářsky významná je **treska obecná** *(Gadus morhua),* žijící v Atlantiku.

Úhoř říční *(Anguilla anguilla).* Má hladké slizké tělo, malé prsní ploutve, za nimiž je úzká žaberní štěrbina. Úhoři jsou olivově zelení až černí, na bocích světlejší, na břiše žlutí. Malé oči mají ponořené do kůže. Jejich úzká ústa mají drobné zoubky. Po dosažení dospělosti odplouvají do moře. Třou se ve velkých hloubkách v oblasti Sargasového moře. Dospělci po tření hynou. Zploštělé úhoří larvy nejsou podobné dospělcům. Do roku 1896 byly považovány za samostatný druh Leptocephalus brevirostris. Jsou po tři roky unášeny Golfským proudem k evropským břehům, kde se proměňují v malé „skleněné" úhoříky *(tzv. úhoří monté).* Samci zůstávají v brakické vodě říčních delt, samice postupují proti proudu, kde dorůstají a žijí asi 10 let. Pak se vracejí do moře a celý cyklus se opakuje. U nás jsou úhoři uměle vysazováni dovozem monté např. z Dánska. Samice žijí na dně vod, jsou aktivní v noci. Dorůstají délky kolem 100 cm. Jako jediný u nás žijící druh mohou aktivně opouštět vodu.

Značný ekologický a zdravotní význam v subtropických oblastech má **živorodka komáří** *(Gambusia affinis),* vysazovaná ve vodních nádržích v oblastech postižených malárií. Požírá komáří larvy.

Okoun říční *(Perca fluviatilis)* je jednou z našich nejhojnějších ryb. Příbuzný **candát obecný** *(Stizostedion lucioperca)* je rovněž dravý.

V Atlantiku jsou hojně lovené mořské tažné druhy s mimořádně chutným masem **makrela obecná** *(Scomber scombrus)* a **tuňák obecný** *(Thunnus thynnus).* Bezohledně průmyslový rybolov narušuje věkovou strukturu populací některých druhů ryb a způsobuje jejich zhroucení (*srv. str. 232*).

Platýsové *(Pleuronectiformes)* jsou obyvatelé mořského dna. Pro chutné maso jsou intenzivně loveni, např. hospodářsky významný **platýs bradavičnatý** *(Platichthys flesus)* a **kambaly** *(rod Rhombus).*

■ Třída: **SVALOPLOUTVÍ** (*Sarcopterygii*) (dříve ***Násadcoploutví*****,** syn. ***Nozdratí***)

Dříve početná skupina „rybovitých obratlovců" *(s paprskoploutvými nepříbuzná),* dnes zastoupená několika žijícími druhy s čichovými jamkami, propojenými s dutinou ústní.

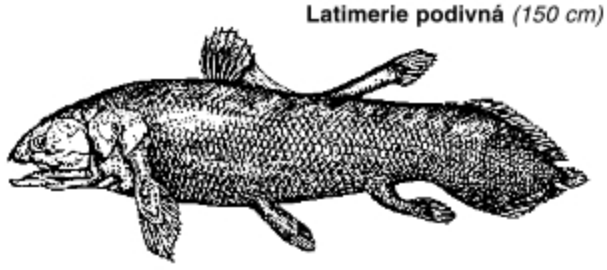
◆ Nadřád: **LALOKOPLOUTVÍ** *(Crossopterygii)*

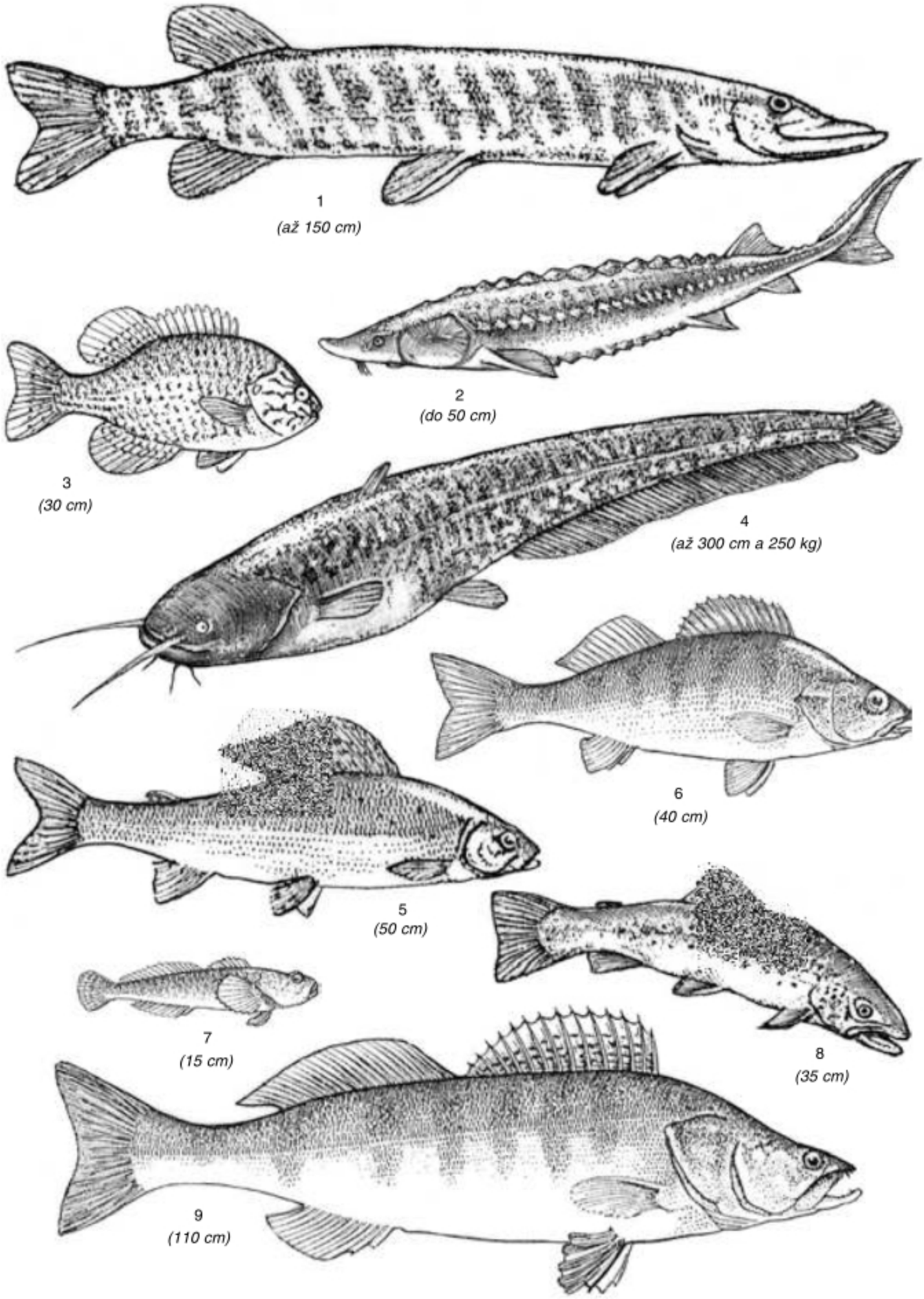
V současnosti sice nepočetná, ale z hlediska vědy mimořádně významná skupina. Její fosilní zástupci žili v devonských sladkých vodách a svou vývojovou blízkostí k obojživelníkům představují předky všech suchozemských obratlovců.

Jediný v současné době žijící druh tohoto nadřádu **latimerie podivná** *(Latimeria chalumnae)* je představitelem postranní vývojové větve, která se s největší pravděpodobností na vzniku čtvernožců nepodílela. Přesto zejména odlišnou stavbou svých párových končetin s kostrou blížící se kostře končetiny pětiprsté *(tzv. archipterygium)* a uložením svalstva mimo tělo ve vlastní končetině, představuje „živou zkamenělinu", dokumentující cestu vývoje od ryb k obojživelníkům.

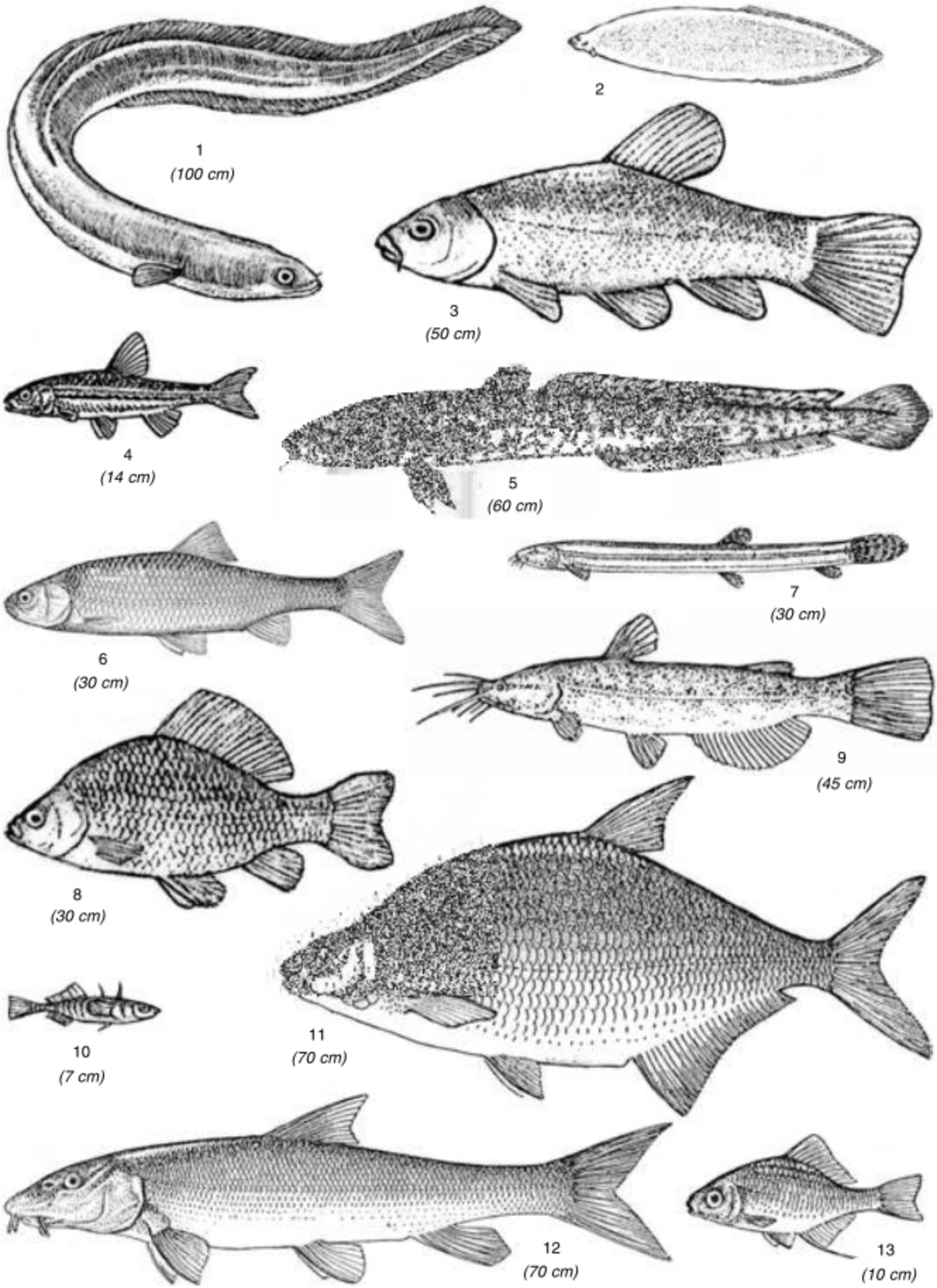
První exemplář latimerie byl uloven 22. 12. 1938 při pobřeží jižní Afriky. Žije pod pobřežními skalisky v hloubkách od 100 m níže.

Latimerie podivná *(150 cm)*



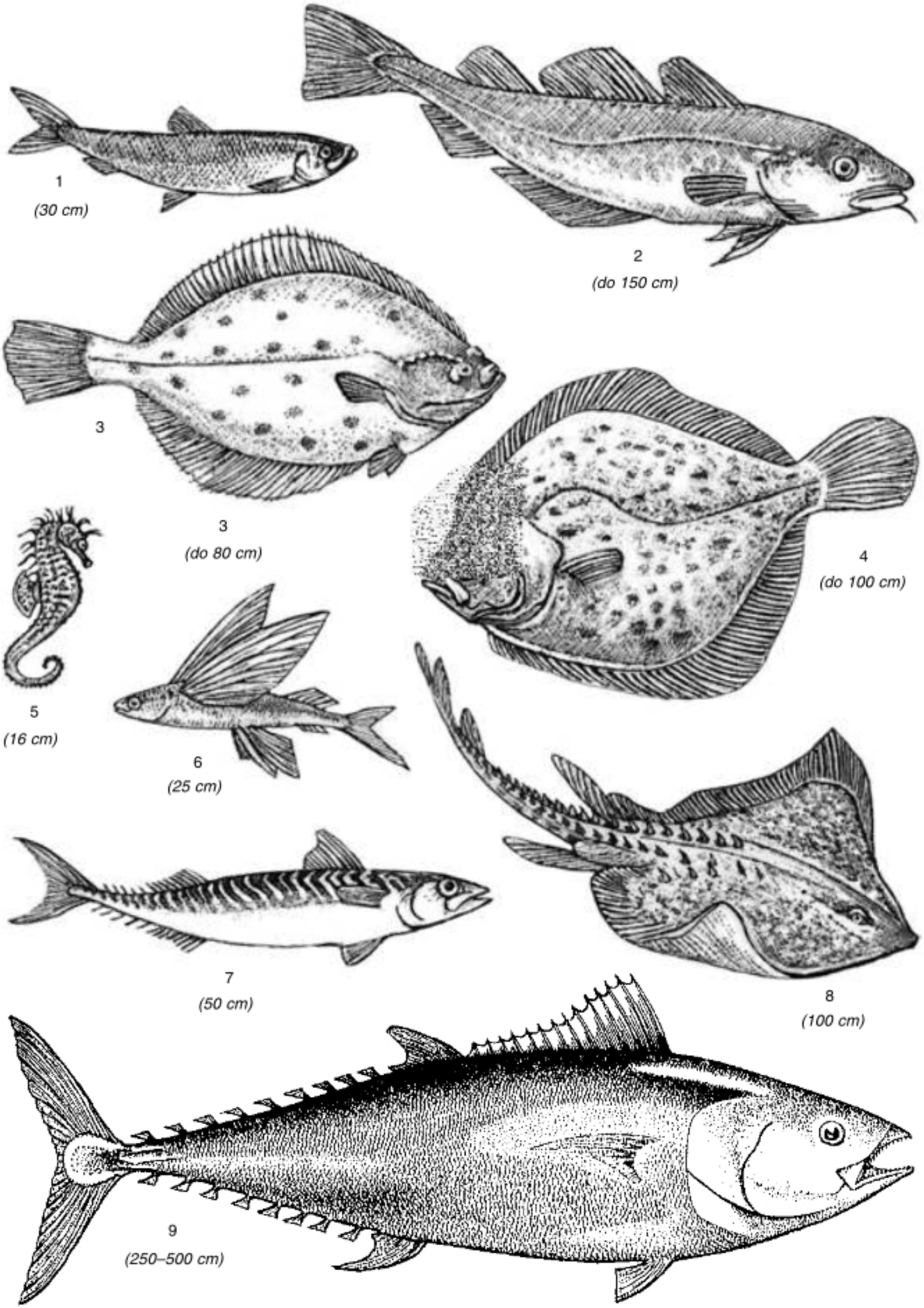


Ryby I.
1 – štika obecná, 2 – jeseter malý, 3 – slunečnice pestrá, 4 – sumec velký, 5 – lipan podhorní, 6 – okoun říční, 7 – vranka obecná, 8 – pstruh potoční, 9 – candát obecný



Ryby II.

1 – úhoř říční, 2 – larva úhoře, 3 – lín obecný, 4 – střevle, 5 – mník jednovousý, 6 – jelec tloušť, 7 – piskoř pruhovaný, 8 – karas obecný, 9 – sumeček americký, 10 – koljuška tříostná, 11 – cejn velký, 12 – parma obecná, 13 – hořavka duhová – samička



Ryby III.
1 – sleď obecný, 2 – treska obecná, 3 – platýz bradavičnatý, 4 – kambala, 5 – koníček mořský, 6 – letoun měkkoploutvý, 7 – makrela obecná, 8 – rejnok ostnitý *(paryba)*, 9 – tuňák obecný

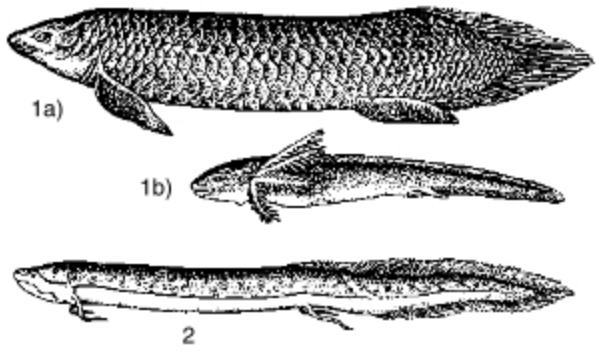
◆ Nadřád: **DVOJDYŠNÍ** *(Dipnoi)*

Dvojdyšní představují samostatnou vývojovou větev s četnými znaky, dokládajícími možnou cestu vývoje k suchozemským obratlovcům. Jsou protáhlí, přes 1 m dlouzí, s chordou zachovanou po celý život, s chrupavčitou kostrou, s tělem krytým kosmoidními šupinami a zakončeným ocasní ploutví souměrnou vně i zevnitř *(difycerkní)*.

Obývají sladké vody tropické oblasti. Kromě dýchání žábrami mají rovnocenně vyvinuto dýchání plicní. Počátkem období sucha si v bahně vyhrabávají asi metrové svislé šachty, na jejichž dně přežívají ve stavu strnulosti s fyziologickými pochody utlumenými na minimum *(anabióza)*. Dýchají přitom vzdušný kyslík.

Rozmnožují se v období dešťů. Jejich mláďata se živí řasami, dospělí jedinci korýši, měkkýši a žábami.

Rozlišujeme řád **jednoplicní**, např. jediný recentní druh **bahník australský** *(Neoceratodus forsteri)*, a řád **dvouplicní**, např. **bahník americký** *(Lepidosiren paradoxa)* nebo **bahník západoafrický** *(Protopterus annectens)*.



Nozdratí
1a – bahník australský, 1b – jeho larva
2 – bahník africký *(až 200 cm)*

EKOLOGIE A ETOLOGIE RYB

Kromě potravních vztahů v biocenózách a populacích je život ryb výrazně ovlivněn **biorytmy** *(roční životní cykly, dané zejména extrémními klimatickými změnami)* a **specifickými ekologickými vlastnostmi vody** *(např. prouděním vody, její teplotou a na ní závislou rozpustností plynů, prosvětlením, chemickým složením, příp. způsobem výživy ryb)*.

Voda vytváří **proud**, který v řekách ovlivňuje tvar těla a ploutví ryb. V horních tocích mají ryby tělo válcovité *(pstruh)* a udržují polohu těla směrem proti proudu *(pozitivní reotaxe)*. Ryby dolních toků řek mají tělo vysoké a ze stran zploštělé *(kapr, cejn)*. Vodní proud unáší pasivně potravu *(plankton)* i např. plůdek jeseterovitých a lososovitých ryb od prameniště k moři, Golfský proud unáší pasivně po tři roky úhoří larvy ze Sargasového moře *(jižně od Floridy)* k evropským břehům.

Teplota vody ovlivňuje životní aktivitu ryb, které mají proměnlivou tělní teplotu *(poikilotermie)*. Teplotní amplituda vody je na rozdíl od vzduchu velmi úzká 0° až 40 °C. Ryby na změny teploty reagují změnami své fyziologické aktivity. Kapr např. při teplotě +6 °C sníží intenzitu svých fyziologických procesů na minimum *(tři dýchací pohyby a pouze dva srdeční tepy za minutu)*. Se zvyšující se teplotou vody rozpustnost plynů klesá. Klesá tedy i obsah pro život nezbytného kyslíku, přičemž jeho spotřeba rybou roste.

Pozoruhodná je závislost vývoje jiker na teplotě vody. Při poklesu teploty pod 0 °C voda vytváří ledový pokryv, chránící spodní vrstvy před promrzáním *(největší hustotu má voda při +4 °C)*, což umožňuje rybám přežití ve spodních vrstvách vody i při velmi krutých zimách. Vytvořením ledového příkrovu se snižuje možnost výměny plynů a při větším nahromadění ryb je nebezpečí jejich zadušení.

Tlak vody, její hloubka a světlo mají vliv nejen na ryby samotné, ale omezují i jejich potravní možnosti. Ryby žijí i v jezerech ve výšce kolem 4000 metrů nad mořem. Největší hloubka, z níž byly ryby loveny, je 5317 m.

Podle obsahu soli ve vodě rozlišujeme **základní ekologické skupiny ryb:**

1. Ryby **sladkovodní** – prodělávající celý svůj životní cyklus ve sladké vodě, která může být buď stojatá *(lín, karas)*, nebo tekoucí *(lipan)*. V obou typech žijí např. štiky nebo okouni. Český zoolog A. Frič vypracoval v roce 1889 klasifikaci středoevropských řek, jež modelově rozlišil na pásma, pojmenovaná podle vůdčího druhu ryby. Známe tedy **pásmo pstruhové** s chladnou prokysličenou vodou horských potoků s kamenitým dnem *(pstruh, vranka, střevle, mřenka)*, **pásmo lipanové** představují podhorské říčky s čistou vodou a štěrkovitým dnem *(lipan, ostroretka, mník)*, **pásmo parmové** zahrnuje střední tok řeky s hlubokým korytem *(parmy, jelci, okouni, štiky)* a konečně **pásmo cejnové** v nížinách, a pomalu tekoucí hlubokou vodou se zbahnělým dnem *(cejni, plotice, perlín, kapr, ouklej, sumec, úhoř)*. V tomto pásmu se nejvýrazněji uplatňují antropogenní faktory, zejména znečištění toku, projevující se vymizením některých druhů.

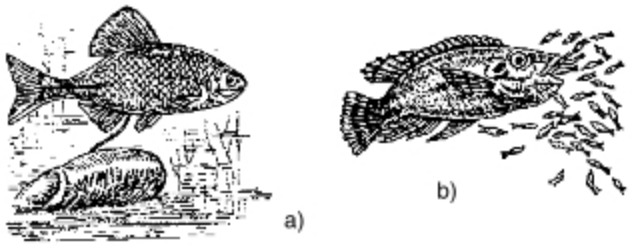
2. Ryby **mořské** – žijí po celý svůj život v moři. Podle hloubky, v níž žijí, rozlišujeme dále ryby **pelagické** *(na volném moři v různých hloubkách)*, kde mohou žít buď v hejnech *(sledi, sardinky)*, nebo jednotlivě, ryby **litorální**, žijící v mělčinách při pobřežích, příp. druhy **bentické**, obývající mořské dno *(platýs)*.

3. Ryby **tažné** – jsou typické migracemi velkého počtu jedinců příslušného druhu jedním směrem ve stejné době. Migrace jsou buď potravní *(do míst s vyšší koncentrací planktonu táhnou sledi, sardinky, tresky, makrely, tuňáci)*, nebo mohou směřovat do prostředí optimálního pro rozvoj plůdku a mladých jedinců. Tyto i mnohatisícikilomet-

rové tahy za účelem tření rozlišujeme na **anadromní** *(z moře do pramenišť řek, např. lososi nebo jeseteři),* nebo **katadromní** *(z řek do moře, např. úhoři do Sargasového moře).* **Orientace** na tazích se uskutečňuje **podle chemického složení vody a má charakter etologického vtisku – imprinting** *(např. lososi bezpečně táhnou z moře do řek, v nichž se sami vylíhli).*

Rozmnožování ryb se nazývá **tření**. Probíhá zpravidla jednou ročně, obvykle na podzim *(např. pstruhovité ryby)* nebo počátkem léta *(jeseteři, sumci, štiky).* Charakteristickým znakem tření je jeho hromadnost. Mělká místa s optimálními podmínkami pro oplození, která ryby pro tření vyhledávají, se nazývají **trdliště**. Ryby jsou téměř ve 100 % odděleného pohlaví. Samci *(mlíčňáci)* vypouštějí mlíčí, samice *(jikernačky)* jikry. Při tření se vzájemně otírají o své boky. Typickým jevem je nesmírná **nadprodukce jiker i mlíčí**. Popsaný způsob oplozování a další život plůdku bez péče rodičů je spojen s mnoha ztrátami. Odhaduje se, že z každého milionu jiker tresky dospěje pouze jediná reprodukce schopná treska. Prostředí pro plození – trdliště – je druhově charakteristické. Projevy chování ryb před třením jsou srovnatelné s tokáním ptáků či říjí savců. Trdliště bývá některými druhy, např. lososy, částečně upravováno.

Pozoruhodnou zvláštností jsou hořavky, kladoucí jikry kladélkem do plášťové dutiny škeble rybničné, nebo koljušky, stavící z rostlinného materiálu zvláštní hnízdo *(čichavci a rájovci zhotovují hnízda pěnová).* Ryby se o potomky zpravidla nestarají. Zajímavým jevem jsou samci mořských koníčků, přechovávající plůdek ve vaku na břišní straně těla, a v akváriích chovaní tlamovci, jejichž samice ukrývá svůj plůdek v dutině ústní. Platí závislost, že čím je péče o potomstvo dokonalejší, tím jsou menší ztráty, a tudíž i potřebná produkce jiker příslušného druhu je menší. Je známo i několik desítek druhů ryb vejcoživorodých *(např. známá akvarijní rybka paví očko – „gupka" nebo mečovka).* Ani vejcoživorodé ryby však nikdy nemají placentu. Zárodek se vyživuje ze žloutkového váčku.



Péče ryb o potomstvo není obvyklá. Výjimku tvoří např. hořavka duhová (a) – samice klade jikry do plášťové dutiny škeble rybničné. Svůj plůdek ukrývá ve vlastní tlamě tlamovec (b)

Ryby rostou po celý život. Mají značný hospodářský význam jako zdroj lidské výživy *(z ryb se vyrábí asi 15 % potravin živočišného původu).* Rozmnožování ryb v našich poměrech je zajišťováno v líhních a poloumělých chovech. Pro vytváření pozitivního vztahu moderního člověka k přírodě a pochopení jejich zákonitostí má značný společenský význam sportovní rybářství *(tato činnost je spojena s rozsáhlou soustavnou péčí o ryby i vodní toky, zaměřenou na obnovování ekologicky příznivých podmínek pro jejich rozvoj)* a akvaristika, jimž se u nás věnují desetitisíce lidí.

Rybníkářství *(zejména kapří hospodářství)* má v naší vlasti celá staletí přetrvávající tradici a dosáhlo světového věhlasu. Rozvíjelo se od konce 15. století zejména na rožmberském panství *(Vilém z Pernštejna, Jan Dubravius, Štěpánek Netolický, Jakub Krčín z Jelčan)* a na vědeckou bázi bylo postaveno v minulém století *(Josef Šusta).* Je příkladem citlivého přístupu našich předků ke krajině. Z původně bažinaté krajiny vytvořili systém vysoce produktivní zemědělské velkovýroby, který je v dokonalé harmonii s jejími ekologickými potřebami *(viz barevná obrazová příloha Rybníkářství).*

Pozn. Třeboňsko je např. zařazeno do systému světových biosférických rezervací pod patronátem UNESCO.

V našem rybníkářství jsou pohlavně dospělí chovní kapři *(čtyřletí a starší)* vytíráni v umělých nádržích s travnatým dnem o ploše 1 aru *(Dubraviovy rybníčky).* Generační ryby se po vytření vyloví a dále jsou chovány odděleně od ostatních ryb. Po pěti dnech se z oplozených jiker vykulí plůdek, který při hladině nabere vzduch do plynového měchýře, začne plavat a živit se drobnými planktonními organizmy. V této fázi je rybáři přeloví do úživných plůdkových výtažníků 1. řádu, kde do podzimu dorůstají velikosti asi 8 cm. Na zimu je přelovují do průtočných komorových rybníků s hlubší vodou a na jaře následujícího roku do výtažníků 2. řádu, kde dorůstají do hmotnosti $^1/_2$ kg. Po opětovném přezimování v komorových rybnících je přeloví do rybníků hlavních, kde během 2 let dorůstají do užitkové váhy 2 kg. Před prodejem do tržní sítě jsou kapři drženi v sádkách s protékající vodou, aby jejich maso ztratilo bahnitou pachuť. Produkční cyklus tržních kaprů tedy trvá čtyři roky. Kapři jsou během svého života chováni odděleně podle věkových kategorií, postupně ve třech typech rybníků *(rybníčky třecí, plůdkové výtažníky a rybníky hlavní),* v nichž jsou ošetřováni odborně vyškoleným personálem *(včetně krmení a veterinární péče).* Pro zvýšení výtěžnosti hlavních rybníků je do nich přisazováno menší množství štik, odlovujících potravně konkurující „plevelné druhy ryb". Podzimní výlov rybníka je nejen vyvrcholením rybářské sezony a bilancí práce rybníkářů, ale i příležitostí k poznání tradičních historických řemesel, sahající téměř do středověku. Je i nebývalou možností modelového studia zákonitostí vodních ekosystémů.

V posledních desetiletích se významně rozvíjí metodika umělého vytírání pstruhovitých ryb a jejich polodivokého odchovu – tzv. **studenovodní rybníkářství** *(např. Hovězí u Vsetína).*

Čtvernožci *(Tetrapoda)* jsou živočichové s adaptacemi, umožňujícími život na souši. Bývají označováni jako vyšší obratlovci. Mají zpravidla **vyvinuty pětiprsté končetiny**, které živočicha buď posunují, nebo nesou. Jejich končetiny představují systém pák, vzájemně spojených klouby. Mají vyvinut **krční oddíl páteře**, což u většiny druhů umožňuje pohyblivé spojení hlavy s trupem. Suchozemskému způsobu života je přizpůsobena i soustava dýchací ***(v dospělosti dýchají plícemi)*** a cévní ***(mají rozlišen tělní a plicní krevní oběh)***, jejímž centrem je **arteriovenózní srdce**, které je rozděleno buď neúplně *(obojživelníci a s výjimkou želv a krokodýlů i plazi)*, nebo úplně *(ptáci a savci)* na polovinu pravou *(venózní)* a levou *(arteriózní)*.

■ Třída: **OBOJŽIVELNÍCI** *(Amphibia)*

Obojživelníci jsou čtvernožci, schopní žít na souši *(ve vlhkém, relativně teplém prostředí)* a dýchat vzdušný kyslík. Svým způsobem rozmnožování jsou však trvale vázáni na vodu. Jejich larvy mají tělesnou stavbu i způsob života obdobný rybám. Přeměnou larvy v dospělce dochází k rozsáhlé anatomické i funkční přestavbě jejich dýchacích orgánů i soustavy cévní a svalové.

Samice většiny druhů obojživelníků kladou přímo do vody vajíčka, která nemají zárodečné obaly ani skořápky. Larvy *(pulci)* mají odlišně utvářené tělo a ocásek. Jejich hlavním smyslovým ústrojem je proudový orgán *(postranní čára)*. Po celý život mají lysou kůži bez ochranných žláz. Dospělí jedinci, žijící převážně na souši, naopak mají vyvinuty mnohobuněčné žlázy, vylučující ochranný hlen, příp. jedovaté výměšky, působící dráždivě na sliznice *(kuňky, blatnice, mloci)*. Kromě dýchání plícemi mají vyvinuto i doplňkové dýchání kožní. Srdce dospělých obojživelníků má 2 předsíně a jednu komoru s neúplnou přepážkou. Lymfatický systém mají mimořádně vyvinut.

Rozšíření obojživelníků je poměrně malé, poněvadž nesnášejí suchý vzduch a nízkou teplotu prostředí *(při 8 °C upadají do stavu strnulosti, při –2 °C hynou)*. V moři se nevyskytují *(jsou mimořádně citliví na obsah soli i dalších chemických příměsí ve vodě)*. Nejvíce jsou rozšířeni v tropických oblastech, kde je relativně vysoká a poměrně stejnoměrná teplota i vlhkost.

Obojživelníci jsou obratlovci s proměnlivou teplotou těla, jejichž pohyblivost je poměrně malá. Celková jejich aktivita je výrazně závislá na vnější teplotě. Jsou velmi odolní vůči nedostatku potravy. Nevyskytují se v pouštích, v Arktidě, ani v moři. Žijí v prostředí s odpovídající vlhkostí, teplotou a chemickým složením. *(Vodní nádrž se skřehotavými žábami je důkazem dosud člověkem nezdevastované krajiny. Ve srovnání se stavem asi ještě před 40 léty však bohužel na většině vodních nádrží v kulturní zemědělské krajině žabí hlasy zmlkly)*. Poměrně ještě malá přizpůsobivost obojživelníků suchozemskému způsobu života jim vnucuje výrazný roční vývojový životní cyklus. Nepříznivé klimatické období přežívají zpravidla zahrabáni v bahně na dně vodních nádrží nebo ve vlhké půdě. Obdobím největší aktivity obojživelníků obývajících mírné pásmo je jaro.

V ekosystémech jsou sekundárními konzumenty *(viz kap. ekologie)*. Loví převážně hmyz. Některé druhy – např. ropuchy, blatnice – jsou aktivní v noci. Sami slouží jako poměrně snadno dostupná potrava ptáků, plazů, savců, příp. bezobratlých *(např. raků)*. Některé druhy *(skokani)* bývají složkou lidské potravy *(např. žabí stehýnka)*. V České republice je zákaz konzumace všech druhů obojživelníků; **jsou chráněni zákonem**. Z hlediska hospodářské činnosti člověka jsou živočichy jednoznačně užitečnými. Vzhledem k jejich citlivosti na změny ekologických faktorů mají význam jako bioindikátory kvality životního prostředí. Jsou používány i pro vědecké experimenty. Některé druhy obojživelníků bývají chovány v teráriích.

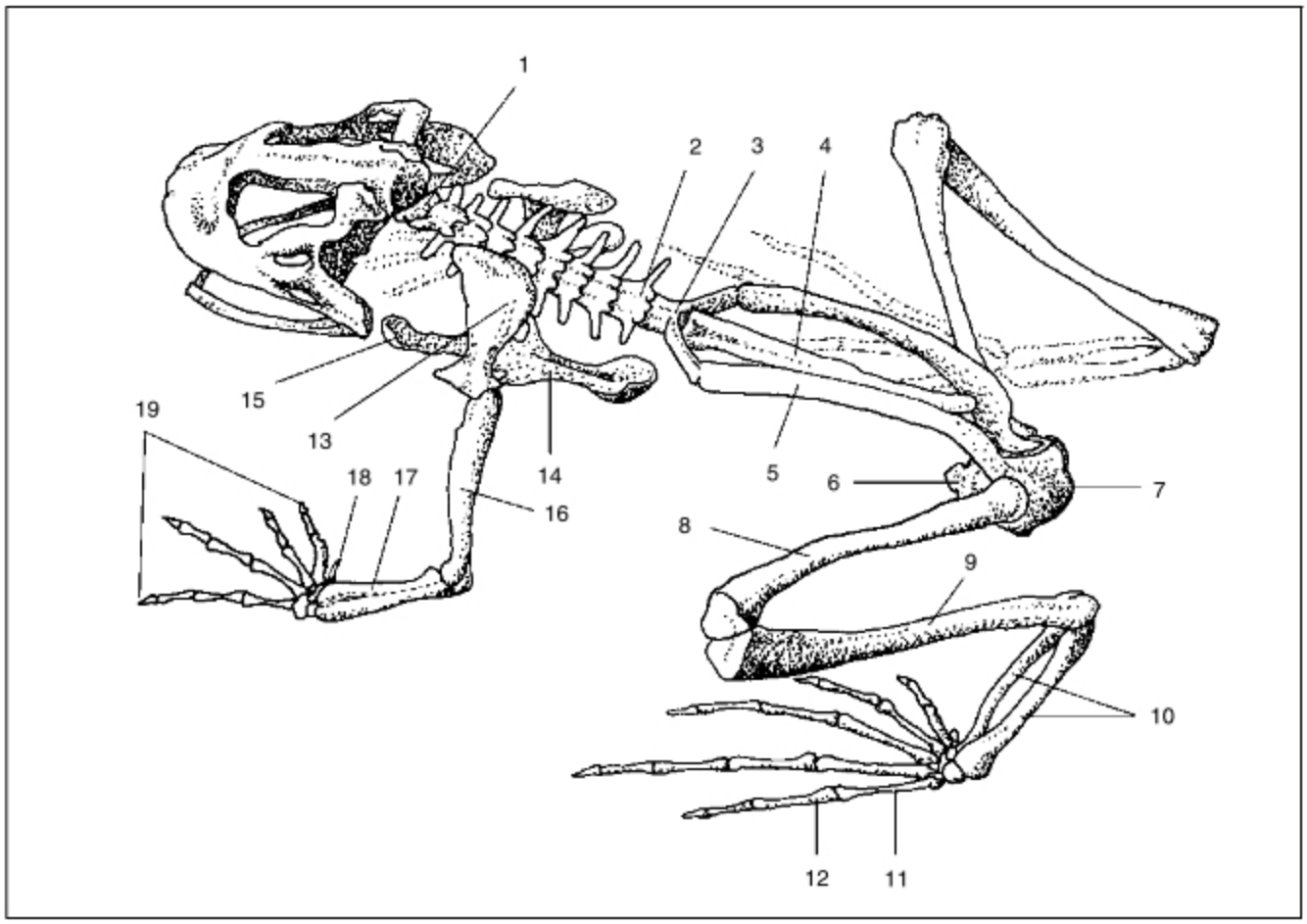
Na celém našem území je běžný **skokan hnědý** *(Rana temporaria)*. Dospělí skokani hnědí mají tělo do 10 cm, zpravidla hnědé s tmavými skvrnami a na břiše bělavé. S výjimkou března, kdy se páří ve vodě, je můžeme nalézt v trávě i v poměrně značné vzdálenosti od vodní hladiny.

Zploštělá, tupě trojúhelníkovitá hlava skokanů nasedá přímo na krátký trup. Nese nápadně velké oči s drobným a nepohyblivým horním víčkem a velkým, pohyblivým víčkem dolním *(ve vnitřním koutku oka je ještě pohyblivá blanka mžurka, jíž skokan překrývá rohovku při pobytu ve vodě)*.

Za okem je po obou stranách hlavy patrný okrouhlý bubínek. Před očima má skokan dva nosní otvory. Trup je měkký *(žáby nemají žebra)*. Přední končetiny mají čtyři volné prsty *(v době páření mají samci na palci vytvořen mohutný „mozol“, jímž při páření přidržují samici)*. Zadní mohutné osvalené nohy jsou pětiprsté, s prsty propojenými plovací blánou. Jsou přizpůsobené k pohybu skákáním.

Kůže skokana je lysá, bez zrohovatělých nebo kostěných šupin. Obsahuje četné mnohobuněčné žlázy *(zatímco v pokožce ryb jsou pouze žlázy jednobuněčné!)*, chránící kůži před vysycháním. Udržují ji tak ve funkceschopném stavu pro dodatkové kožní dýchání. Kožní škára je bohatě prokrvená a obsahuje i buňky s pigmenty *(chromatofory)*, podmiňujícími barevnost živočicha *(zbarvení skokana má funkci ochrannou)*.

V kostře skokana výrazně převládají kosti nad chrupavkami. Páteř je tvořena obratli, silně zatlačujícími chordu. Je rozlišená na oddíl krční *(1 obratel)*, hrudní *(7)*, křížový *(1)* a ocasní *(srůstají v tyčinkovitý urostyl)*. Skokani *(obecně žáby)* mají u obratlovců



Kostra skokana

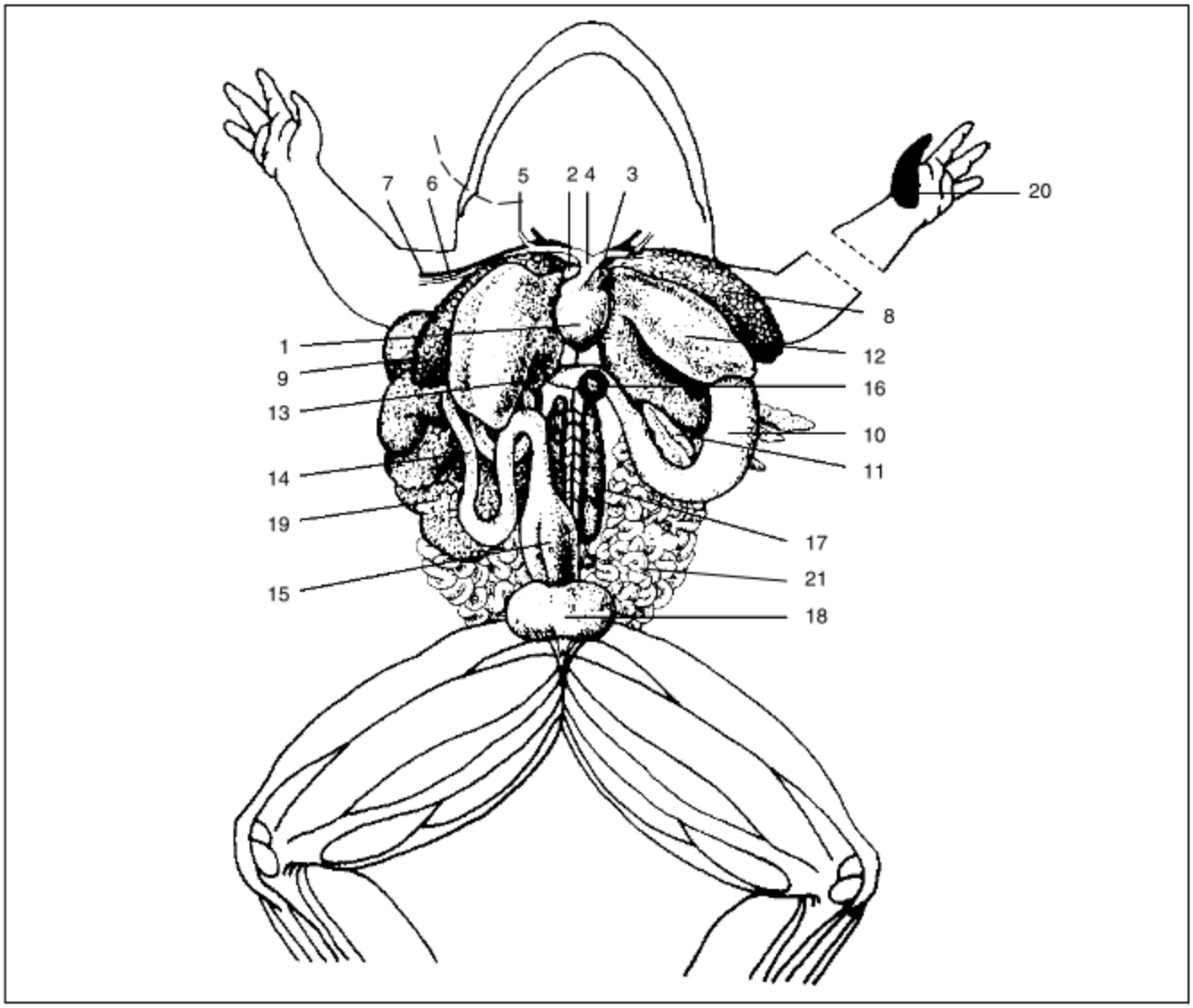
1 – krční obratel, 2 – poslední hrudní obratel, 3 – křížový obratel, 4 – urostyl, 5 – kyčelní kost, 6 – stydká chrupavka, 7 – sedací kost, 8 – stehenní kost, 9 – srostlá kost holenní a lýtková, 10 – zánártní kost, 11 – nártní kosti, 12 – první článek prstní, 13 – lopatka, 14 – hrudní kost, 15 – předohrudní kost, 16 – ramenní kost, 17 – radioulnare *(splývající kost loketní a vřetenní)*, 18 – rudiment prvního prstu, 19 – druhý až pátý prst

zcela poprvé vyvinutou hrudní kost. Obratle skokana jsou vpředu vyduté a vzadu vypuklé *(tzv. obratle procélní)*. Žebra vytvořena nejsou. Lebka skokana je mnohem jednodušší než lebka ryby, avšak vykazuje progresivní vývojové znaky suchozemských živočichů *(např. přeměna žaberních oblouků ve sluchovou kůstku)*. Rovněž jeho končetiny mají stavbu typickou pro suchozemské živočichy. V těle jsou zakotveny pletencem lopatkovým a pánevním. Kosterní svalstvo skokana je příčně pruhované a je zřetelně rozlišeno na svalstvo hřbetu, břicha a zejména mohutné svalstvo končetin. Útrobní svalstvo je hladké.

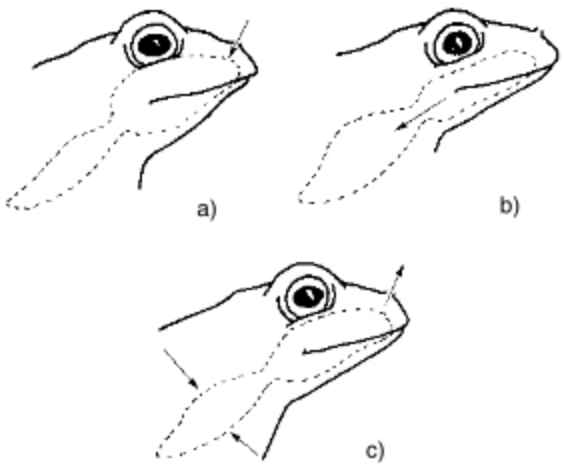
Trávicí soustava skokana začíná prostornou dutinou ústní. Na jejím dně je vpředu přirostlý a vzadu volný lepkavý jazyk s vlastní svalovinou. Jeho vymrštováním skokan lapá hmyz. Do ústní dutiny skokana ústí dvě chlopňovité nozdry, dvě Eustachovy trubice, propojující s ústy obě dutiny středoušní, a dále hlenotvorné žlázy. Očnice svou bází zasahují do dutiny ústní, od níž jsou odděleny jen tenkou sliznicí. Podílejí se na mechanismu polykání. Zatažením očních bulev zvláštním svalem *(musculus retractor bulbi)* posunují potravu do jícnu. Tím je potrava přiváděna do svalnatého žaludku. Následuje střevo, rozlišené na dlouhé a klikaté tenké střevo a střevo tlusté, ústící konečníkem do kloaky. Součástí trávicí soustavy skokana jsou velká lalokovitá játra, žlučník a slinivka břišní.

Fáze pohybu jazyka skokana zeleného při lovu hmyzu

Larvy skokanů *(pulci)* dýchají žábrami. Dospělí skokani dýchají plícemi. Protože nemají žebra ani bránici, vzduch „polykají“. Úlohu vzduchové pumpy přitom obstarává svalovina dna ústní dutiny. Plíce skokana jsou tvořeny dvěma mírně zřasenými vaky. V hrtanu skokana jsou hlasivkové vazy, umožňující vyluzování typických skřehotavých zvuků, které jsou u samců zesilovány párovými rezonačními vaky, uloženými pod kůží po stranách hlavy. Na dýchání skokana se výrazně podílí i povrch jeho těla *(doplňkové dýchání kožní)*.



Anatomie skokana *(samice)*
1 – srdce, 2, 3 – pravá a levá předsíň, 4 – tepna, 5 – krkavice, 6 – podklíčková tepna, 7 – podklíčková žíla, 8, 9 – plíce, 10 – žaludek, 11 – slinivka břišní, 12 – játra; 13 – žlučník, 14 – tenké střevo, 15 – kloaka, 16 – slezina, 17 – ledvina, 18 – močový měchýř, 19 – vaječník *(levá přední končetina je samčí. V době páření se zduřeným mozolem na palci* – 20*)*, 21 – kličky vejcovodu



Mechanismus dýchání žáby
a) vdech *(nozdry otevřené, dno úst pohybem dolů rozšiřuje ústní dutinu)*, b) vhánění vzduchu do plic „polknutím“, *(nozdry uzavřené, dno ústní dutiny s jazykem se zvednou)*, c) výdech *(nozdry otevřené, vydýchaný vzduch je vypuzován smrštěním plic)*

Cévní soustava skokana je ve srovnání s cévní soustavou ryb výrazně pokročilá. Srdce má dvě předsíně a jednu komoru, v níž se krev okysličená částečně mísí s krví odkysličenou *(úplnému promísení zabraňují řasnaté závěsy)*. Červené krvinky skokana jsou velké, oválné, se zřetelně vyvinutým jádrem.

Funkci vylučovacího ústrojí skokana plní párové prvoledviny *(opistonefros)*. Leží po obou stranách páteře. Jejich produkty jsou močovodem odváděny do kloaky, před níž se moč shromažďuje v relativně velkém močovém měchýři.

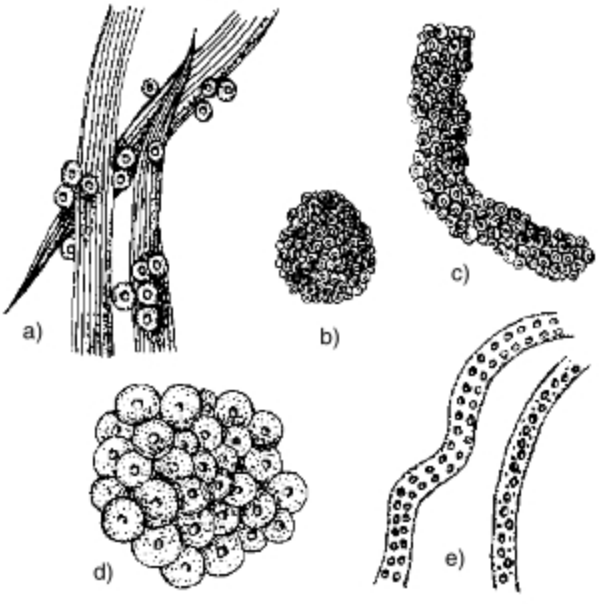
Nervová soustava skokana je ve srovnání s rybami rovněž pokročilejší. Relativně větší a diferencovanější jsou zejména polokoule velkého mozku. Ze spodiny mozku vychází 10 párů mozkových nervů, z páteřní míchy 10 párů nervů míšních.

Ze smyslových ústrojů skokana je zejména pozoruhodné oko, které je před vyschnutím a znečis-

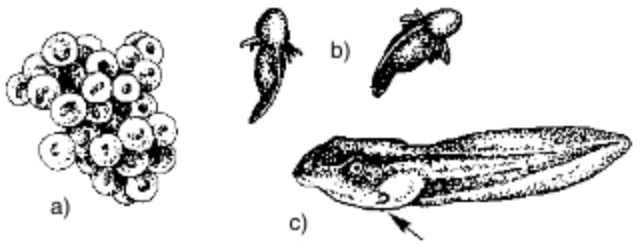
těním chráněno třemi víčky *(horní je nepohyblivé, dolní pohyblivé).* Třetím průhledným víčkem *(mžurkou),* umístěným ve vnitřním koutku oka, je oko chráněno v době, kdy je skokan pod vodou. Je zaostřeno k vidění do dálky. Rohovka žabího oka je silně vypuklá, čočka je zploštělá *(u ryb tomu bylo obráceně).* Akomodace oka se děje posunováním čočky vůči sítnici zvláštním řasnatým svalem. Suchozemskému způsobu života dospělých skokanů se přizpůsobil i sluchový orgán, který má již vyvinuté střední ucho. *(Zvukové vlny se šíří vzduchem obtížněji než vodou. Sluchový orgán je tedy dokonalejší.)* Larvy skokanů *(pulci)* mají po celou dobu své existence vyvinut proudový orgán *(jako ryby).*

Skokani jsou odděleného pohlaví. Samečkové bývají relativně menší, samičky jsou mohutnější *(mají v břišní dutině velké vaječníky ve tvaru hroznu).* Samičky kladou tmavá, kulovitá vajíčka v rosolovitém obalu. V době páření v předjaří svírají samci samici předními nohama se zduřelými mozolnatými výrůstky a tlakem pomáhají samici při kladení vajíček, která ihned oplodňují. Oplození u skokanů je vnější. Jejich vajíčka mají horní část černě pigmentovanou *(zařízení pro lepší pohlcování sluneční energie v jarní studené vodě).*

Vývoj oplozených vajíček skokanů probíhá v chladné jarní vodě poměrně pomalu *(skokani je proto s oblibou kladou do mělké vody periodických tůněk a do louží, které se rychleji prohřívají; pokud včas nedokončí svůj larvální vývoj, mladí pulci v postupně vysychajících loužích hynou).* Zárodek opouští vaječné obaly za několik týdnů po oplození. První potravou mladých pulců jsou právě rosolovité obaly vajíček, z nichž se vylíhli. Pulci se od dospělých skokanů liší nejen svým vzhledem *(jako malé rybičky)*, ale i vnitřní organizací. Zpočátku nemají končetiny a jejich jediným zdrojem pohybu je ocásek, lemovaný plovací blánou.



Vajíčka různých druhů obojživelníků
a) kuňka žlutobřichá, b) rosnička zelená, c) blatnice česneková, d) skokan zelený, e) ropucha obecná



Fáze embryonálního vývoje žáby
a) vajíčka, b) larvy krátce po vylíhnutí, c) larva *(pulec)* v pozdějším stadiu vývoje *(šipkou je označen dýchací otvor pulce)*

V prvních dnech života pulec dýchá nápadnými keříčkovitými žábrami po stranách hlavy. Ty jsou postupně nahrazeny žábrami vnitřními. Následně se z břišní strany hltanu vychlipují plicní vaky. Cévní soustava pulce se shoduje s cévní soustavou ryb. V návaznosti na vytvoření plicních vaků se cévní soustava mění v cévní soustavu suchozemského obratlovce. Jako první narůstají pulcům skokana zadní končetiny. Ocas se ke konci proměny rychle zkracuje a jeho svalovina je postupně vstřebána a přebudována na svalovinu žáby. Jako všichni vodní živočichové mají i pulci skokanů vyvinut proudový orgán *(postranní čáru).* S postupujícím ontogenetickým vývojem žábry i postranní čára pulce mizí. Převažující rostlinná potrava, jíž se živí pulci, je postupně nahrazována potravou živočišnou. Pulec se postupně mění v žabku.

Pozn.: Metamorfózu skokanů, příp. jiných druhů žab, můžeme pozorovat v akváriu přímo ve třídě nebo doma. Pulce snadno uživíte kousíčky mraženého špenátu. POZOR! Po dokončení proměny musí mít žába možnost odpočívat v mělké vodě; jinak utone.

SYSTÉM OBOJŽIVELNÍKŮ

Současní obojživelníci se podstatně liší od svých prvohorních předků, jimž česky říkáme **krytolebci**. Ti se vyvinuli ve sladkých vodách prvohorního devonu z lalokoploutvých ryb. Měli velkou lebku krytou kožními kostmi, mohutná žebra a naspodu těla i na končetinách kožní pancíře. Žili v devonu až permu. Jsou tedy nejstaršími známými čtvernožci, kteří se díky rozmanitým životním podmínkám na souši stali výchozí skupinou vývojových linií, směřujících k plazům a dále k ptákům a savcům.

Současné obojživelníky řadíme do podtříd **ocasatí** *(Caudata),* **beznozí** *(Apoda)* a **bezocasí** *(Ecaudata).*

Vymřelý **krytolebec** z řádu *Ichthyostegalia* má prokazatelný původ z lalokoploutvých ryb

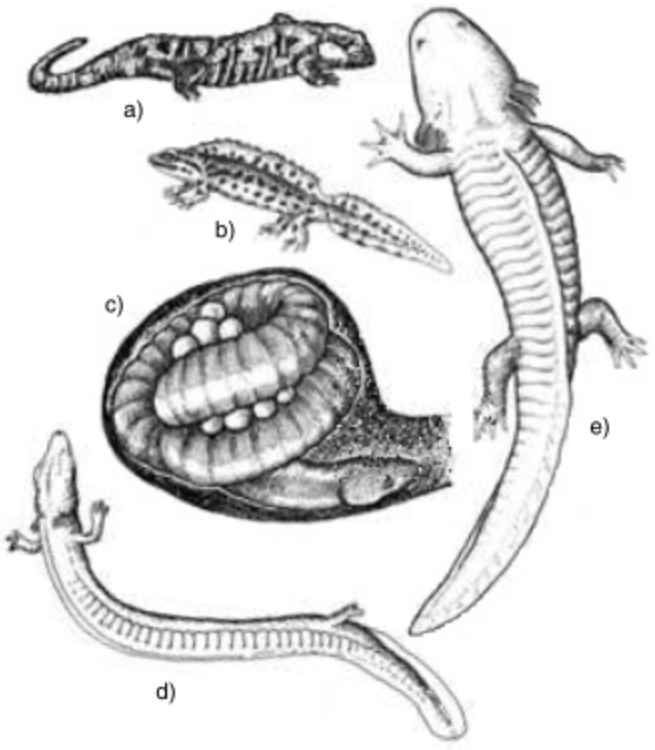
□ Podtřída: **OCASATÍ** *(Caudata)*

Jsou to obojživelníci, vázaní převážnou částí svého života na vodu. Mají dva páry stejně vyvinutých končetin a jejich hlava je zřetelně oddělená od těla, které je protáhlé a má ocas *(zčásti lemovaný kožním lemem)*. Jejich larvy se podobají dospělým jedincům. Převážně jsou vejcorodí. *(Samečkové čolků odkládají rosolovitá tělíska se spermiemi, tzv. spermatofory, na dno tůňky. Samičky je sbírají svým pohlavním otvorem a po několika dnech nalepují oplozená vajíčka na vodní rostliny.)* Známy jsou i druhy vejcoživorodé *(ovoviviparní)* a neotenické *(tj. schopné rozmnožování již ve stadiu larvy)*. U ocasatých je vyvinuta poměrně velká schopnost regenerace. Obývají převážně mírné pásmo severní polokoule.

Mlok skvrnitý *(Salamandra salamandra)*. Mloci žijí ve vlhkých lesích, jsou aktivní v noci, pohybují se pomalu. Kromě larvální fáze vývoje je mlok na vodě takřka nezávislý. Vyžaduje však vysokou vlhkost prostředí.

Čolek obecný *(Triturus vulgaris)*, **čolek velký** *(Triturus cristatus)*, **čolek horský** *(Triturus alpestris)* mají ocas zploštělý ze stran. Při páření jsou pozoruhodné jejich „svatební hry". Dýchají při hladině vzdušný kyslík. Zimují v půdě mimo vodu. Jejich vývoj trvá asi 3 měsíce.

Z cizích zástupců bývá v akváriích chován zavalitý středoamerický druh rodu Ambystoma **Axolotl mexický** *(Sideron mexicanum)*. Jsou to v podstatě neotenické larvy se schopností pohlavního rozmnožování. Dokončení vývoje v laboratorních podmínkách je možné podáváním hormonu štítné žlázy *(objev českých vědců Babáka a Laufbergera)*. V přírodě může nastat tento jev velmi zřídka *(např. stresovou situací při výrazné změně ekologických podmínek, vyschnutí nádrže, změnou teploty)*. Unikátem v živočišné říši je nepigmentovaný a slepý druh **macarát jeskynní** *(Proteus anguinus)*, který je endemitem podzemních vod Dinárského krasu. Největším obojživelníkem je **velemlok japonský** *(Andrias maximus)*. Žije v tůních japonských horských potoků a dorůstá délky až 150 cm. Živí se rybami. *(Velemlok inspiroval spisovatele Karla Čapka k napsání světoznámého románu Válka s mloky.)*



Ocasatí obojživelníci a červoři
a) mlok skvrnitý, b) čolek velký *(sameček)*,
c) samička červora vodního obtočená kolem vajíček,
d) macarát jeskynní, e) albinotická forma axolotla

□ Podtřída: **BEZNOZÍ** *(Apoda)*

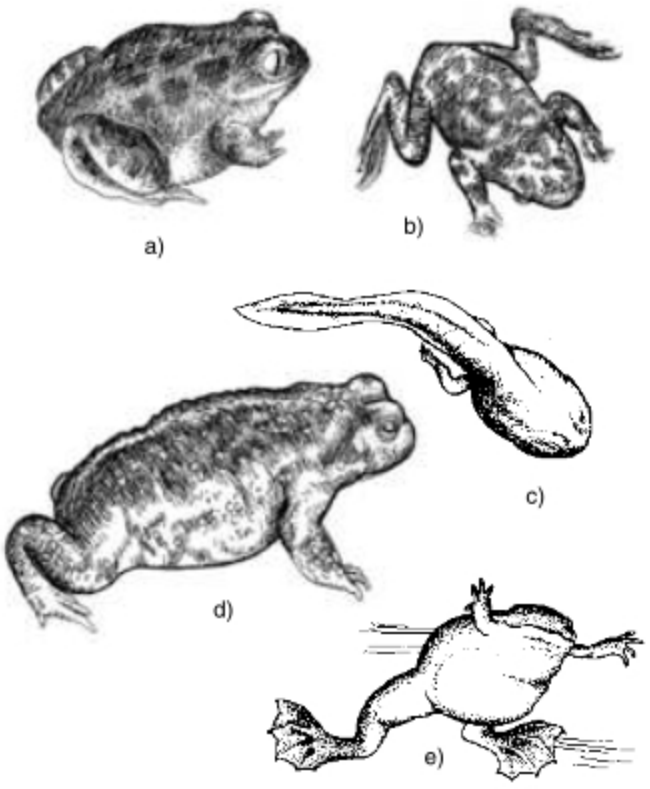
Beznozí jsou starobylí tropičtí obojživelníci *(Indomalajská oblast, Jižní a Střední Amerika a Afrika)*, přizpůsobení životu pod zemí. Mají „červovité" válcovité tělo bez končetin, podobné tělu kroužkovců. Jejich pokožka je lysá, žláznatá a zvrásněná do kruhovitých záhybů. Mají vyvinutou pouze pravou plíci. Ze smyslových ústrojů mají skvěle vyvinutý čich. Vejcorodé vodní druhy mají vodní larvy, živorodé druhy prodělávají larvální vývoj v těle matky. Dorůstají délky až 100 cm. Dospělí žijí buď ve vlhké půdě, kterou prorývají, nebo ve vodě. Např. samičky cejlonského druhu **červor vodní** *(Ichthyopsis glutinosus)* se obtáčejí kolem své snůšky vajíček, na něž vylučují kožní sliz s funkcí vyživovací i s funkcí ochrany proti vyschnutí. Vylíhlé larvy se stěhují do vody.

□ Podtřída: **BEZOCASÍ** *(Ecaudata)*

Bezocasí je nejpočetnější *(asi 1500 druhů)*, nejvíce rozšířená a vývojově nejpokročilejší podtřída obojživelníků. Mají zkrácené a zploštělé tělo se značně redukovanou krční částí a bez ocasu. Zadní končetiny mívají výrazně mohutnější a delší než končetiny přední. Oči mají velké a vystouplé, bubínky uzavírající středoušní dutinu leží na povrchu hlavy za očima. Pod kůží mají rozsáhlé lymfatické prostory. Jejich larvy jsou pulci, žijící ve vodě. Neotenie se u nich nikdy nevyskytuje. Rovněž schopnost regenerace poškozených částí těla je u žab velmi nízká, což je důkazem pokročilosti a specializace jejich vývoje.

◇ Řád: **Žáby** *(Anura)*

Např. **kuňka obecná** *(Bombina bombina)* má oranžově zbarvené břicho. **Blatnice skvrnitá** *(Pelobates fuscus)*, málo známý noční druh, páchnoucí po česneku. V noci je aktivní i **ropucha obecná** *(Bufo bufo)*. **Rosnička zelená** *(Hyla arborea)* má paličkovitě rozšířené konce prstů s přísavnými polštářky. Žije na stromech a keřích v listnatých lesích. K vodě se stahuje pouze při rozmnožování.



Obojživelníci
a) blatnice česneková, b) kuňka obecná *(z břišní strany)*, c) pulec blatnice česnekové, d) ropucha krátkonohá, e) drápatka vodní

Kromě skokana hnědého u nás žije i rašeliništní **skokan ostronosý** *(Rana arvalis)* se zašpičatělou hlavou a **skokan štíhlý** *(Rana dalmatina)*, žijící v lužních lesích. Z druhů celoročně vázaných na blízkost vody je u nás hojně rozšířen druh **skokan zelený** *(Rana esculenta)*. **Skokan skřehotavý** *(Rana ridibunda)* žije pouze v teplých nížinách.

Africký druh **drápatka vodní** *(Xenopus leavis)* je vděčným objektem laboratorního výzkumu. Mimo jiné se užívala k hormonálnímu testu zjištění rané fáze těhotenství *(tzv. Hogbenův test)*.

■ Třída: **PLAZI** *(Reptilia)*

Plazi jsou obratlovci, kteří jsou plně přizpůsobeni k suchozemskému životu. Ani jejich zárodky nepotřebují ke svému vývoji vodu. Vodní prostředí jim plně nahrazuje tekutina uvnitř zárodečných obalů *(amnion, allantois a serosa)*. Po zahrabání na suchém teplém místě se jejich vajíčka vyvíjejí samostatně, bez další péče rodičů. Společně s ptáky a savci tvoří plazi přirozenou skupinu vyšších obratlovců zvanou **blanatí** *(Amniota)*. Život v naprosto suchém prostředí jim umožňují účinné mechanizmy, zabraňující vysychání *(zejména zrohovatění povrchových vrstev pokožky)*. Plazi se vyznačují dokonalým pohybem a značnou aktivitou *(výkonná dýchací soustava, na jejíž pohybech se podílí hrudní koš, mimořádný rozvoj a diferenciace kosterního svalstva, téměř úplné zkostnatění kostry, dokonalá pohyblivost hlavy, zajištěná krčním oddílem páteře, diferenciace cévní soustavy až k úplnému oddělení oběhu tělního a plicního u krokodýlů a želv; poprvé v živočišné říši se vyvíjí druhotná kůra velkého mozku (neopallium), vyvíjí se vnější ucho, vylučovacím orgánem jsou párové pravé ledviny (metanefros)*. Aktivita životních funkcí plazů je však závislá na teplotě okolního prostředí *(podobně jako ryby a obojživelníci jsou tedy plazi živočichové s proměnlivou teplotou těla (poikilotermní)*. Ve srovnání s rybami a obojživelníky jsou však tvarově, anatomicky a funkčně mimořádně rozmanití, což jim umožnilo osídlit nejrůznější biotopy, včetně druhotného osídlení sladkovodního i mořského prostředí. Některé druhy vyhynulých plazů si jako první obratlovci osvojily létání.

Rozlišujeme tři základní tělesné typy plazů:

1. typ **ještěrkovitý** *(s protáhlým tělem, čtyřmi pětiprstými končetinami a dlouhým ocasem)* – ještěrky, haterie, chameleoni a krokodýlové;

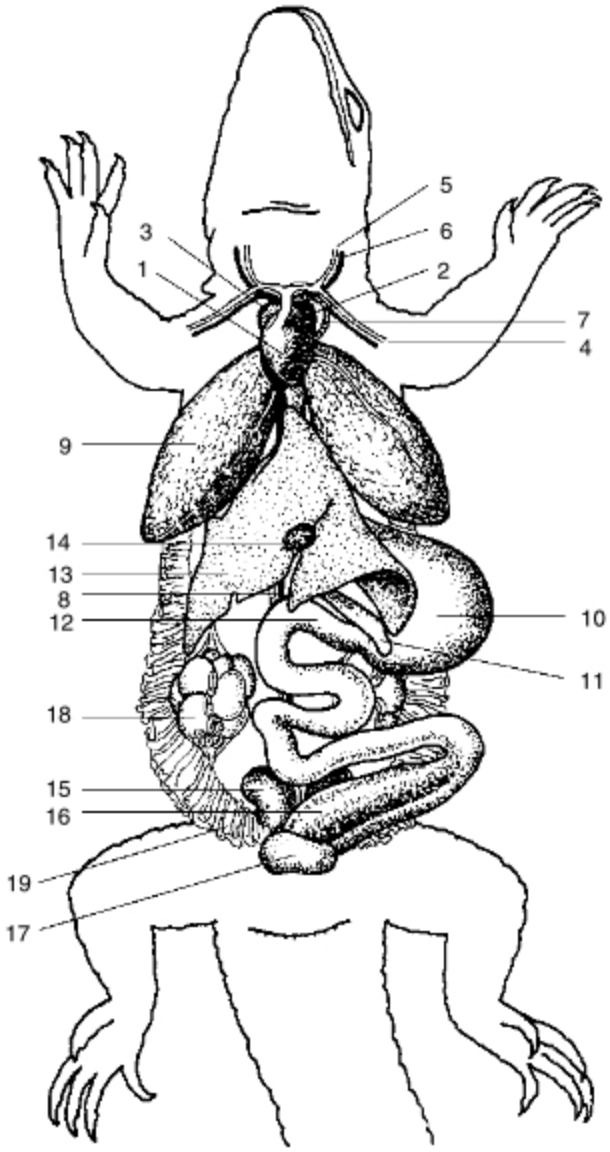
2. typ **hadovitý** *(bez končetin)* – hadi a beznohé ještěrky;

3. typ **želvovitý** *(s dorzoventrálně zploštělým tělem, uzavřeným mezi vyklenutým hřbetním a plochým břišním štítem (carapax a plastron)* – želvy.

Ještěrka obecná *(Lacerta agilis)* je běžně rozšířený druh na prosluněných místech na většině území našeho státu. Celková délka jejího těla je nejvýše 20 cm. Její ocas je vždy kratší než dvojnásobek délky trupu *(při jeho ulomení dochází snadno k regeneraci)*. Tělo ještěrky obecné je protáhlé a válcovité. Po stranách trupu má dva páry dobře vyvinutých pětiprstých končetin zakončených drápky. Její zbarvení je šedohnědé, skvrnité. Pohybem melaninových zrnek v chromatoforech, uložených ve škáře, se může zbarvení těla měnit. Pokožka ještěrky produkuje rohovité šupiny *(které jsou tedy na rozdíl od mezodermálních kostěných šupin ryb původu ektodermálního)*, chránící zvíře před vysycháním a mechanickým poškozením. Šupiny rovněž výrazně snižují tepelnou vodivost, čímž usnadňují hospodaření organismu s teplem. Šupiny mají na různých částech těla odlišný tvar i velikost. Na hlavě jsou uspořádány ve tvaru štítků. Opotřebovaná pokožka ještěrky se čas od času svléká po částech odíráním o vegetaci, jíž se ještěrka pohybuje, a bývá nahrazena novou vrstvou pokožky. S výjimkou tzv. stehenních pórů samců ještěrky nemají kožní žlázy.

Na hlavě ještěrky jsou patrná štěrbinovitá ústa a párové okrouhlé nosní dírky. Po stranách hlavy jsou oči, chráněné pohyblivými víčky a mžurkou, a poněkud dozadu pod úroveň povrchu těla vkleslé bubínky *(náznak vnějšího zvukovodu)*.

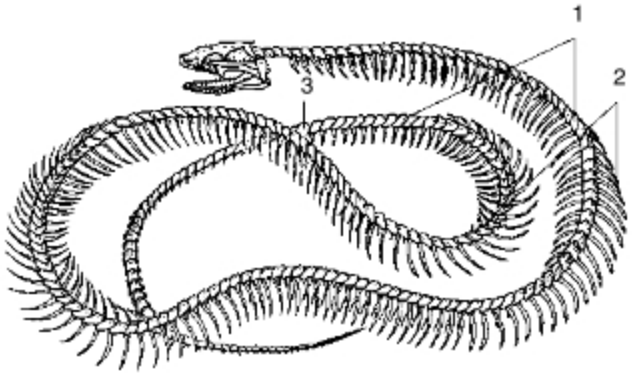
Ještěrka je, podobně jako velká většina plazů, sekundární konzument. V jejím jídelníčku převládá



Anatomie ještěrky obecné (♀)
1 – srdce, 2, 3 – levá a pravá předsíň, 4 – podklíčková tepna, 5 – krkavice, 6 – jařmová žíla, 7 – levý oblouk aorty, 8 – zadní dutá žíla, 9 – pravá plíce, 10 – žaludek, 11 – slinivka břišní, 12 – dvanáctník, 13 – játra, 14 – žlučník, 15 – ledvina, 16 – kloaka, 17 – močový měchýř, 18 – pravostranný vaječník, 19 – pravostranný vejcovod

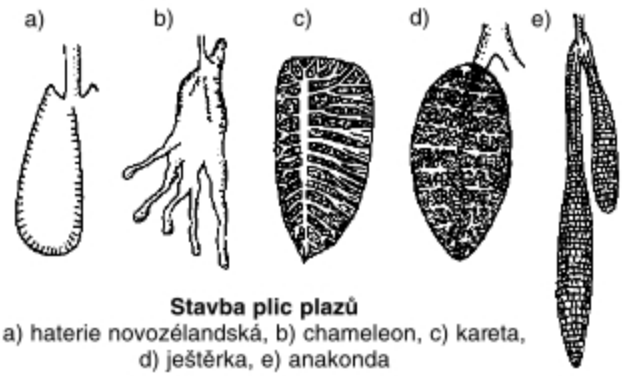
živočišná potrava *(hmyz)*. V ústní dutině má ještěrka černý, pohyblivý dvojklanný jazýček. Jím ještěrka ohmatává a chemicky analyzuje okolní předměty vkládáním jazýčku do Jacobsonova ústroje, umístěného v jamce ústního patra. Na čelistech ještěrky jsou drobounké nerozlišené zoubky. Ústa pokračují dále do hltanu a jícnem do svalnatého žaludku. V přední části tenkého střeva vyúsťují poměrně velká játra a slinivka břišní. Následují krátké oddíly tenkého a tlustého střeva, na jejichž rozhraní je střevo slepé. Tlusté střevo je ukončeno kloakou, vyúsťující mezi zadníma nohama štěrbinovitým otvorem.

Kostra ještěrky obecné je téměř úplně zkostnatělá. Lebka má stavbu obdobnou stavbě lebky obojživelníků, avšak s větším počtem krycích kostí. Je pohyblivě spojena s páteří, rozdělenou na oddíl **krční** *(8 obratlů, z nichž první dva jsou nosič a čepovec)*, **hrudní a bederní** *(22 obratlů, z nichž prvních 5 má párová pravá žebra, tvořící hrudní koš)*, **křížový** *(2 obratle)* a **ocasní** *(několik desítek obratlů, které se směrem nazad postupně zmenšují)*. Kostra končetin i pásma lopatkového a pánevního má stavbu podobnou jako u obojživelníků.



Hadí kostra
1 – obratle, 2 – žebra, 3 – první obratel ocasní

Svalstvo ještěrky vykazuje oproti obojživelníkům mimořádný rozvoj a diferenciaci. Zejména jsou vyvinuty svaly zpevňující páteř a břicho, svalstvo pohybující krkem a svalstvo končetin. Zcela nově se vytváří svalstvo mezižeberní, umožňující výkonné dýchání hrudním košem. Ještěrka obecná dýchá výhradně plícemi. Vzduch je nasáván podtlakem uvnitř plic, způsobeným roztažením hrudního koše. Doplňkové kožní dýchání zrohovatělá pokožka neumožňuje. Párové vnější nozdry ústí do nosní dutiny, rozdělené skořepinou na horní čichovou a dolní dýchací část. Vnitřními nozdrami jde vzduch do hrtanu a dále do chrupavčitými prstenci zpevněné průdušnice. Ta se větví na dvě průdušky, vstupující do vnitřně zřasených plic. *(Pozn.: U hadů dochází v důsledku protažení těla obvykle k redukci levé plíce)*. Ještěrky, podobně jako většina plazů, nemají vytvořeno hlasotvorné ústrojí.



Stavba plic plazů
a) haterie novozélandská, b) chameleon, c) kareta, d) ještěrka, e) anakonda

Cévní soustava ještěrky odpovídá suchozemskému způsobu života a plicnímu dýchání. Srdce je rozděleno na dvě předsíně a komoru *(s neúplnou přepážkou)*. Při stahu komory *(systola)* se však otvor *(foramen Panizzae)* uzavírá, čímž je umožněno, aby tepna vycházející z pravé části komory byla sycena

krví venózní, tepna vycházející z levé části komory krví arteriózní. Ze střední části komory odvádí aorta do těla krev smíšenou. Na vývojovém stupni plazů je v živočišné říši poprvé vytvořen vrátnicový *(tj. jaterní)* krevní oběh.

Nervová soustava ještěrky má ve srovnání s obojživelníky vyvinutější polokoule velkého mozku *(s náznaky tvořící se šedé kůry mozkové)* a mozeček. Dokonalejší přizpůsobení suchozemskému způsobu života vykazují i smyslové orgány. Kromě čichového ústrojí má ještěrka i analyzátor chemizmu okolního prostředí *(Jacobsonův orgán)*. Sluchové ústrojí se skládá ze složitějšího vnitřního ucha a ucha středního. Bubínek, vkleslý pod povrch kůže, naznačuje vývoj vnějšího zvukovodu. Akomodace oka se děje řasnatým svalem, měnícím zakřivení čočky. Oko je chráněno pohyblivými víčky a mžurkou. *(Pozn.: Oči hadů a gekonů mají víčka srostlá – tzv. „hadí oko".)* Oční bulvy ještěrek se mohou otáčet činností okohybných svalů.

Vylučovacím ústrojím ještěrky jsou kompaktní, párové, oválné pravé ledviny *(metanefridie)*, uložené v pánevní krajině. Z jejich zadních konců vycházejí močovody, ústící do močového měchýře a ten do kloaky.

Pohlavní ústrojí obou pohlaví ještěrek je párové. Vychlípitelný zadní oddíl kloaky má funkci kopulačního ústroje. Obě pohlaví ještěrky obecné se nápadně liší *(sexuální dimorfismus)*. U samečků převládá na bocích těla barva zelená, u samiček méně nápadná barva hnědá. K páření ještěrek dochází krátce po opuštění zimních úkrytů počátkem května. Samičky snášejí v červnu do vlhké půdy na prosluněných místech 5–10 vajíček v pevném kožovitém obalu.

Celý vývoj ještěrek probíhá na suchu. Kolem vyvíjejícího se zárodku se vytvoří záhyb, který jej postupně obroste. Vznikají tak dvě plodové blány. Vnější ***(serosa)*** s funkcí mechanicky ochrannou, vnitřní tvoří uzavřený váček s tekutinou, která nahrazuje zárodku vodní prostředí ***(amnion)***. S postupným stravováním žloutkového vaku se z břišní stěny vyvíjejícího se embrya ještěrky vychlípí třetí obal ***(allantois)***, v němž se hromadí produkty metabolismu vyvíjecího se zárodku. Díky bohatému prokrvení plní allantois současně i funkci dýchacího ústrojí. Počátkem července se již objevují v přírodě mladé ještěrky, od dospělců odlišené jen velikostí a barevně. Larvální stadium tedy chybí.

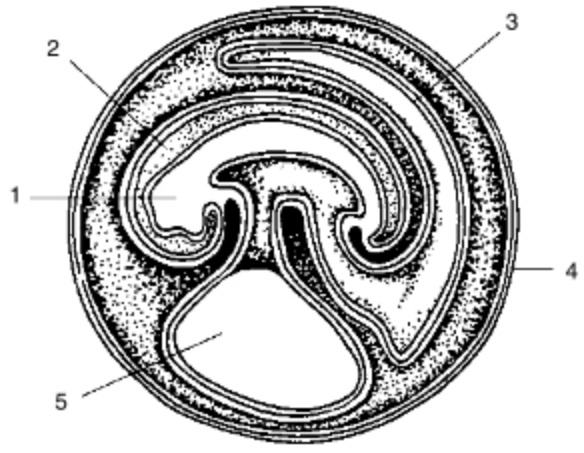


Schéma plazího zárodku
1 – zárodek, 2 – amnion, 3 – allantois, 4 – seroza, 5 – žloutkový vak

Současní plazi jsou převážně zastoupeni drobnými až středně velkými druhy. Krokodýlové a někteří hadi *(např. anakonda)* dorůstají délky až 9 m. Zcela největšími plazy však byli druhohorní býložraví dinosauři *(23 metrů a 30 tun)*. Měli velmi malou hlavu a mimořádně protažený krk.

Kromě vejcorodých plazů známe i plazy vejcoživorodé *(ovoviviparní)*, např. ještěrka živorodá, slepýš a užovka hladká. Tato adaptace umožňuje uvedeným druhům rozšíření do chladných oblastí na severu, příp. do vyšších nadmořských výšek. Nízká teplota je pro plazy větší překážkou než pro obojživelníky, kteří nepříznivé období přečkávají pod vodou při kožním dýchání. Vysoká teplota a nízká vzdušná vlhkost však rozšíření plazů nepřekážejí. Druhově a počtem jedinců jsou mimořádně hojní právě v polopouštích a pouštích. Současní plazi jsou v ekosystémech sekundárními konzumenty. Jsou známy ale i druhy, které jsou konzumenty vyššího řádu *(např. rybožravé želvy)*. Z recentních plazů jsou býložravé suchozemské želvy, leguáni a agamy.

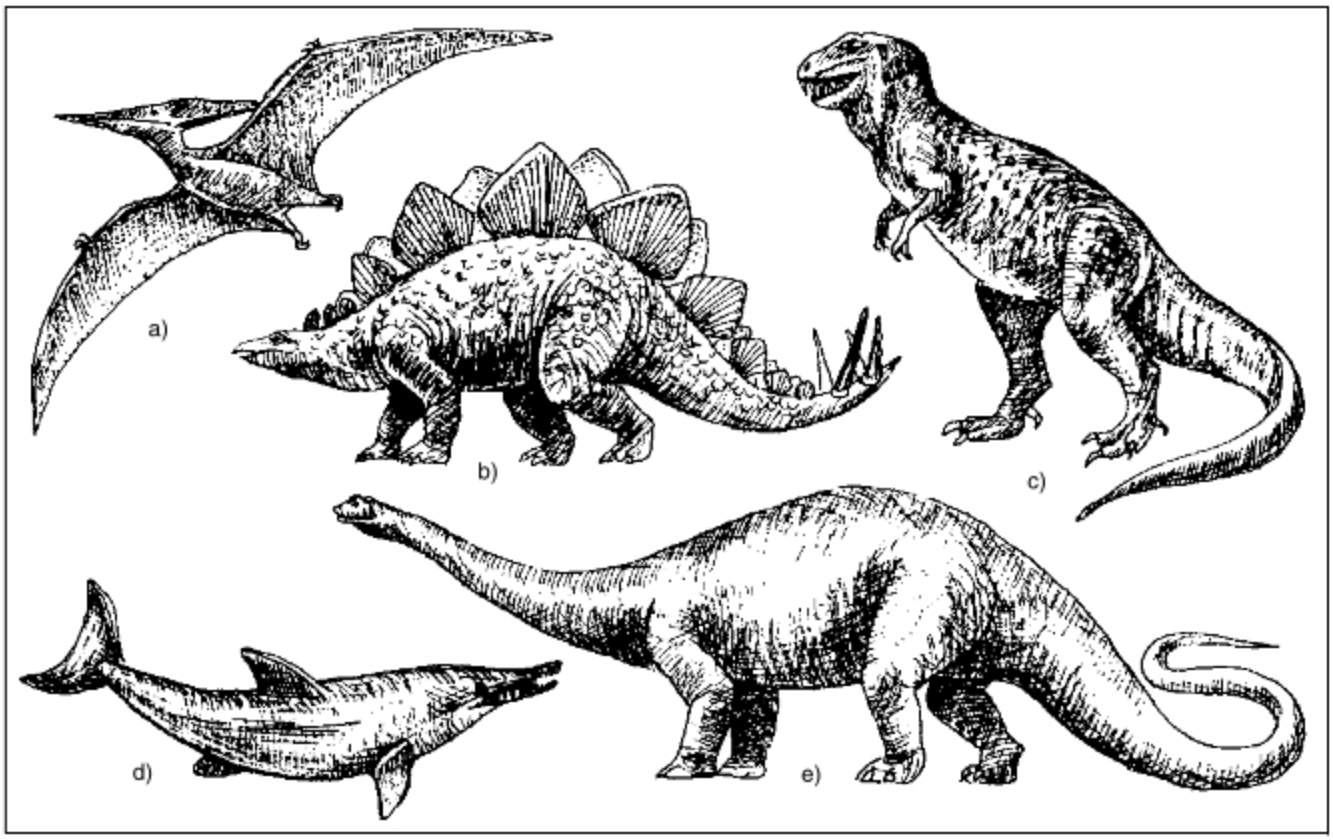
Páření plazů v oblastech se střídavým podnebím je soustředěno do časného jara. Vývoj nezahřívaných vajec je totiž mimořádně dlouhý *(i 2 měsíce, v závislosti na podmínkách)*. U želv trvá přes rok a u haterie dokonce 12–14 měsíců.

Plazi rostou po celý život. Dospívají zpravidla ve 4–5 letech *(želvy a krokodýli v 10 letech)* a dožívají se poměrně vysokého přirozeného věku *(prokázané stáří slepýše je 33 let, želvy řecké 54 let, galapážské želvy sloní až 200 let)*. Pro kladení vajec samice vyhledávají v rámci svého teritoria optimální místo. Ke kladení vajec migrují některé druhy želv až 2000 km. U suchozemských plazů nejsou migrace na větší vzdálenosti známy.

Plazi v chladném období roku *(ale i během dne při teplotě klesající pod 8 °C)* upadají do stavu strnulosti.

Někteří plazi mohou být nebezpeční uštknutím *(neúmyslně vnuceným, neboť před člověkem přednostně unikají)*. Svou potravní specializací na drobné savce poskytují v krajině nevyčíslitelný užitek. Všechny druhy plazů **zasluhují ochranu**. Chovem plazů se zabývá teraristika.

Plazi obývají zpravidla určitý okrsek – teritorium. Známé je jejich ritualizované chování, při němž imponují svými kožními límci *(agama)*, mění tvar např. zploštěním těla v krční oblasti *(kobra)*, vydávají zvuky třením šupin o sebe *(zmije paví)*, příp. chřestí rohovitými prstenci na konci ocasu *(chřestýši)*.



Vyhynulí druhohorní plazi
a) ptakoještěr *Pteranodon (rozpětí křídel až 9 m)*, b) *Stegosaurus (9 m)*,
c) dravý *Tyranosaurus (10 m dlouhý, 5 m vysoký)*, d) *Ichthyosaurus (4 m)*, e) *Brontosaurus (22 m)*

Kromě soubojů krokodýlích samců v době páření, při nichž dochází i k vážným zraněním, bývají souboje plazů rovněž ritualizovány *(náznaky kousnutí, ovíjení tělem, přetlačování).*

Péče o mláďata se u plazů omezuje zpravidla na vyhledávání vhodného místa pro snůšku vajec a její ukrytí. Plazi mají dobře vyvinuto i ochranné chování. Potenciálnímu útočníkovi většinou preventivně unikají. Mohou rovněž přizpůsobovat své zbarvení okolnímu prostředí, ale i reagovat výstražně *(např. syčením).* Želvy zatahují hlavu a končetiny do krunýře, řada druhů ještěrů a haterie autotomicky odvrhují ocas, který svými mrskavými pohyby určitou dobu poutá pozornost útočníka. **Autotomie** je umožněna zvláštní stavbou ocasních obratlů plazů. Ocas snadno regeneruje *(rychlostí asi 2 mm denně).* Odloučená část ocasní páteře je nahrazena pouze vazivem.

Plazi se kořisti zmocňují bleskurychlým pohybem. Kořist nikdy neštvou, ale nenápadně se k ní přiblíží *(některé druhy, jako např. chřestýš, mají na hlavě párové termoreceptory, které vnímají i tepelné rozdíly 0,003 °C, jež mu umožňují bezpečně sledovat pronásledovaného hlodavce).* Jedovatí hadi svou kořist uštknou, škrtiči ji zpravidla udusí.

Koncem prvohor a v druhohorách byli plazi převládajícími živočichy, kteří žili na souši i trvale ve vodním prostředí. Většina druhů plazů vymřela bez vývojového pokračování. Avšak vývojovým rozrůzněním *(evoluční radiace)* plazů, k níž došlo koncem karbonu a v permu, vzniklo mnoho tvarově i ekologicky specializovaných větví plazů. Z nich Theriodontia představují vývojový přechod k savcům a Thecodontia k ptákům.

Vymřelí druhohorní plazi (veleještěři – Dinosauři) jsou pro svůj zásadní evoluční význam předmětem seriozního vědeckého bádání. O poznání jejich života a zejména o popularizaci evoluční minulosti živé přírody a fylogenetického vývoje obratlovců na naší planetě se svými unikátními rekonstrukcemi zasloužili čeští vědci: paleontologové prof. J. Augusta, J. V. Špinar, dr. V. Mazák a akad. malíř Zd. Burian.

Rozlišujeme podtřídy: haterie, želvy, krokodýli a šupinatí.

☐ Podtřída: **HATERIE** *(Rhynchocephalia)*

Tato podtřída je v současné zvířeně zastoupena jediným druhem **haterie novozélandská** *(Sphenodon punctatus) (maorsky „tuatara“).* Několik desítek posledních jedinců žije pod přísnou ochranou na ostrůvcích v okolí Nového Zélandu. Tento druh je doslova „živou zkamenělinou“, která byla současníkem dinosaurů. Po stranách hlavy má oči se svislými zorničkami. Dosahuje délky až 70 cm. Ocas má přibližně stejně dlouhý jako trup. Silné pětiprsté nohy nesou poměrně zavalité tělo nad zemí. Haterie

má kůži pokrytou drobnými šupinami. Na hlavě, hřbetě i ocasu má vytvořen nápadný „dračí“ hřeben z trojúhelníkovitých šupin. Haterie žije přes den v podzemních norách. Aktivní je za soumraku a v noci, kdy se živí měkkýši, členovci a drobnými obratlovci. Do jamek v zemi zahrabává snůšku vajíček *(asi 10)*. Je pozoruhodná starobylými znaky, zejména „rybími“, z obou stran vydutými obratli *(amficélní obratle)*, mezi nimiž přetrvává chorda. Pod kůží má haterie na břiše řadu destiček, které jsou zbytkem břišního krunýře a dokládají její vývojové vztahy ke krytolebcům. Haterie má vyvinuto kůží přerostlé, avšak plně funkční temenní oko

Haterie novozélandská

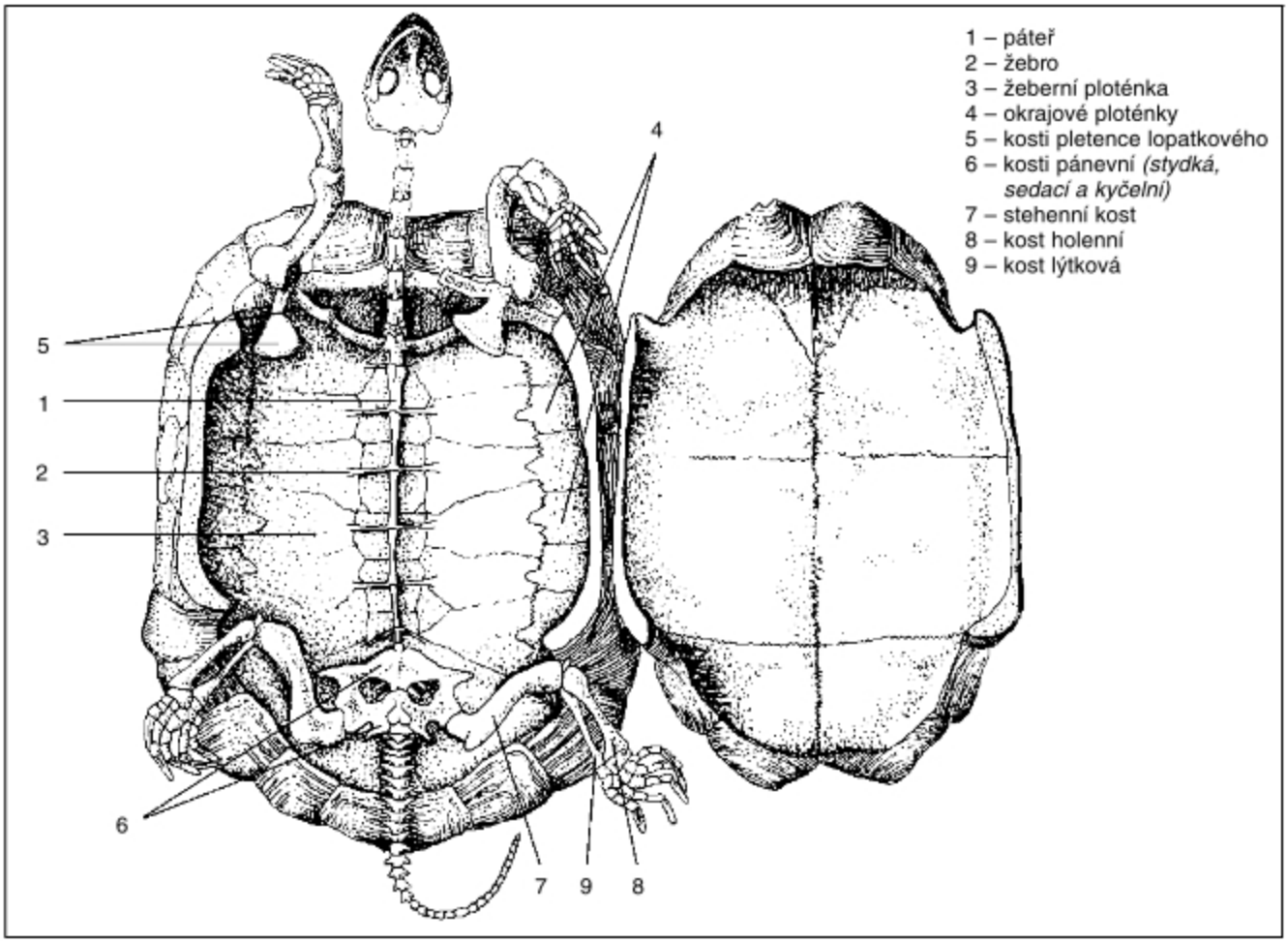
s rohovkou, čočkou i sítnicí. Kromě hrudních žeber má zachována i žebra krční a břišní. V jejím sluchovém ústrojí chybí bubínek. Výjimečné je i nízké tepelné optimum haterie *(asi 12 °C)* a mimořádně pomalý metabolismus, jehož důsledkem je i pomalý ontogenetický vývoj haterie, která má schopnost dožít se i 100 let přirozeného věku. *(Bývá snadnou kořistí psů a koček přivezených na ostrovy člověkem.)*

☐ Podtřída: **ŽELVY** *(Testudinata)*

Želvy jsou skupina plazů, jejichž tělo, uzavřené v kostěném krunýři, má v živočišné říši zcela unikátní stavbu. Krunýř je tvořen vyklenutým hřbetním štítem *(carapax)* a plochým štítem břišním *(plastron)*. Kostěné desky karapaxu srůstají s větší částí páteře, s hrudními i břišními žebry a částí pásem končetin, která jsou zcela mimořádně uložena pod žebry. Pětiprsté končetiny želv jsou krátké, silné a kromě kráčivé mají i funkci hrabavou, příp. veslovací.

Želvy mají masivní lebku a bezzubé zobákovité čelisti se zrohovatělými okraji. Svalstvo trupu je zakrnělé, avšak svalovina krku, končetin a ocasu je mohutná. Želvy mají velké plíce s houbovitou strukturou. Mechanismus dýchání želv je vzhledem k nepohyblivému srůstu žeber s krunýřem zajišťován pohyby hlavy a končetin. U vodních želv se uplatňuje i doplňkové dýchání sliznicí úst, příp. i dýchání konečníkem.

Zjištěná délka souvislého aktivního pobytu vodních želv pod vodou je 90 minut *(nepohyblivá želva je schopna přežít na dně vod i několik měsíců)*.



Kostra želvy s odklopeným břišním štítem *(vpravo)*

Samci želv mají kloaku upravenou ke kopulaci. Želvy se rozmnožují vejci *(s vápenatou skořápkou)*, o něž nikdy nepečují. Na rozdíl od haterií želvy nemají temenní oko. Náznakem jejich příbuznosti s krokodýly a ptáky je počátek druhotného kostěného patra v ústech a podélná kloakální štěrbina.

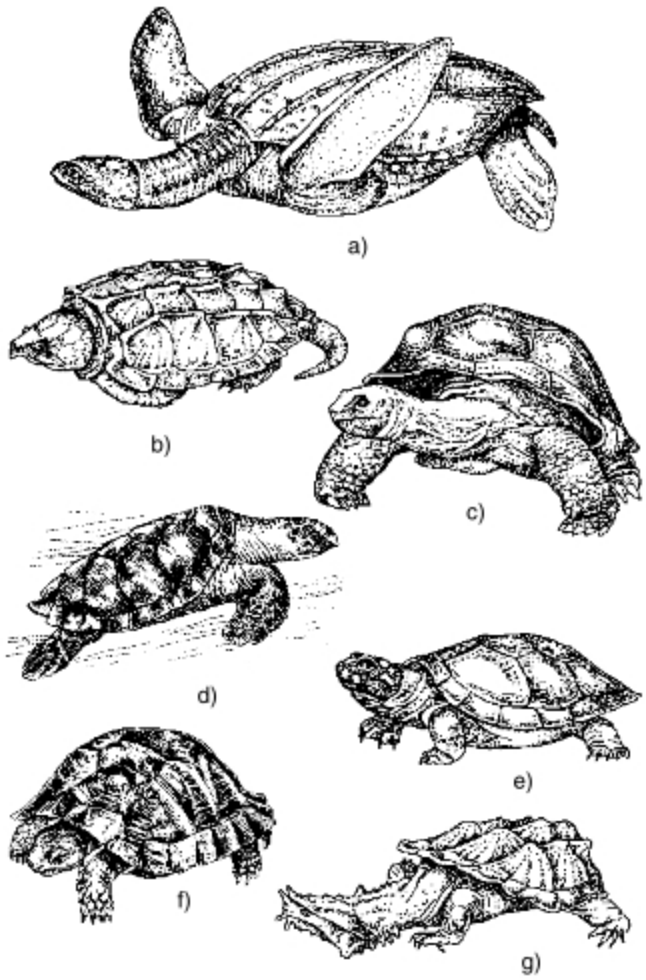
Želvy obývají teplé krajiny. Suchozemské druhy mají silně vyklenutý krunýř a jsou býložravé. Vodní druhy želv mají hřbetní štít zploštělý *(mnohdy zakrnělý)* a živí se dravě.

Želva bahenní *(Emys orbicularis)* je obojživelný druh, obývající stojaté a mírně tekoucí vody ve Středomoří a Podunajské nížině. Je jediným druhem želvy žijícím i v přírodě střední Evropy.

Suchozemská, býložravá **želva žlutohnědá** *(Testudo graeca)* bývá často chována v zajetí. Má silně vyklenutý hřbet a hrabavé nohy.

Želva sloní *(Geochelone elephantopus)* žijící na Galapážském souostroví dosahuje váhy kolem 200 kg. Je ohrožena vyhubením. Její vejce i mláďata jsou snadnou kořistí introdukovaných savců.

V Americe od jižní Kanady po Equador žijí rybožravé **kajmanky** se silnými čelistmi, plochým karapaxem a redukovaným plastronem.



Želvy
a) kožatka velká, b) kajmanka supí, c) želva sloní
d) kareta pravá, e) tereka velká, f) želva žlutohnědá
g) matamata třásnitá

Karetovití mají nezatažitelný krk a nohy přeměněny v ploutve. Žijí v tropických oblastech na volném moři. Na pevninu se uchylují pouze při kladení vajec. Jsou loveny pro maso, vejce i krunýř *(želvovina)*.

Kožatky mají redukovaný krunýř přerostlý měkkou kůží a veslovité nohy.

☐ Podtřída: **KROKODÝLI** *(Crocodylia)*

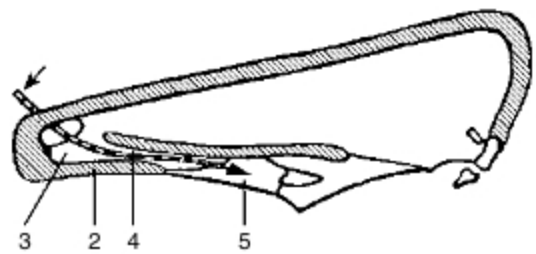
Krokodýlové jsou vývojová větev plazů, která dosáhla nejvyšší úrovně tělesné organizace. Vymřelí příbuzní současných krokodýlů *(jamkozubí – Thecodontia)*, kteří žili od permu do triasu, byli evolučním předstupněm celé třídy plazů.

Krokodýli žijí obojživelným způsobem života v tropických a subtropických řekách a jezerech *(mimo Evropu)*. Nepříznivé klimatické období přečkávají zahrabáni v bahně. Krokodýli mají válcovité tělo se shora zploštělým trupem a dlouhým, kýlovitým, mohutně osvaleným a ze stran zploštělým ocasem, který je hlavním zdrojem jejich pohybu ve vodě. Hlava krokodýlů je plochá a nízká, s protaženou a hluboce rozeklanou tlamou. Nohy krokodýlů jsou krátké a silné *(zadní pár končetin je výrazně mohutnější)*. Přední nohy krokodýlů mají po pěti volných prstech, zadní mají pouze čtyři prsty a jsou propojeny plovací blánou.

Povrch těla krokodýlů je kryt rohovitými štítky. Na uzavíratelné nozdry navazuje nosohltanová trubice, opatřená v zadní části patra svalnatou patrovou řasou. Vznik druhotného kostěného patra je progresivní vývojovou adaptací, umožňující krokodýlům lov a dýchání při otevřené tlamě ve vodě.

Zuby krokodýlů jsou ukotveny v čelisti v zubních jamkách *(alveolách)*. Tělní dutina je rozdělena bránicí na část hrudní a část břišní. Jejich srdce je dokonce čtyřdílné *(stejně jako srdce ptáků a savců)*. Kromě těchto progresivních znaků mají krokodýli ale i primitivní znaky, např. břišní žebra, která jsou dokladem jejich starobylosti.

Hlavní složku krokodýlí potravy tvoří ryby, příp. bezobratlí. Napadají i velké suchozemské obratlovce, zejména při napajedlech. Krokodýlové žerou i zdechliny. Všechny druhy jsou odolné vůči hladovění.



Schematický podélný řez plazí lebkou
(šipka vyznačuje proudění vdechovaného vzduchu)
1 – vnější nozdra, 2 – druhotné patro, 3 – čichová dutina,
4 – nosohltan, 5 – druhotná choána

Krokodýli se množí vejci o velikosti husích vajec, která mají lesklou vápenatou skořápku. Hnízdo vyhlubují na souši a zahrnují ocasem. Samice některých druhů snůšku hlídají. Mláďata krokodýlů se líhnou asi za 7–8 týdnů.

Krokodýli jsou loveni pro svou kůži, z níž se vyrábějí exkluzivní kožedělné výrobky *(dámská obuv, kabelky)*. Většina z asi dvaceti dosud žijících druhů je na vymření. Součástí ochrany krokodýlů je i jejich chov na farmách *(USA, Kuba)*.

Aligátoři a kajmani jsou druhy americké. Mají poměrně krátkou tupou hlavu. Dorůstají do velikosti 4 m, např. **aligátor severoamerický** *(Aligator mississippiensis)*, jihoamerický **kajman černý** *(Caiman niger)*. Krokodýlové vlastní jsou rozšířeni v tropech celého světa *(čtvrtý zub dolní čelisti mají při zavřené tlamě viditelný)*. Dorůstají velikosti až 8 m. Jejich nejznámějším představitelem je **krokodýl nilský** *(Crocodylus niloticus)*. V Indii žijící gaviálové mají extrémně protaženou a na konci lžícovitě rozšířenou tlamu; např. **gaviál indický** *(Gavialis gangeticus)*.

Hlava krokodýla nilského

Hlava kajmana černého

Hlava gaviála indického

☐ Podtřída: **ŠUPINATÍ** *(Squamata)*

Šupinatí jsou nejpočetnější skupina současných plazů s tělním pokryvem tvořeným taškovitě se překrývajícími šupinami. Svrchní vrstvu pokožky čas od času svlékají *(včetně srostlého očního víčka)*. Nemají druhotné kostěné patro ani zubní alveoly. Obličejová část jejich lebky je pohyblivě spojena s mozkovnou. Rozmnožují se vejci s „pergamenovitým“ obalem. Některé druhy jsou živorodé.

◇ 1. řád: **Ještěři** *(Sauria)*

Ještěři jsou plazi tělesného typu ještěrky. Při redukci končetin *(slepýš)* jsou vždy zachovány pletence obou párových končetin i hrudní kost.

Čeleď **JEŠTĚRKOVITÍ** *(Lacertidae)* představuje menší až střední plazy, obývající Euroasii a Afriku. Mají plochý rozeklaný jazyk a lámavý ocas. Jsou rozšířeni všude tam, kde je sucho, slunečno a teplo.

Ještěrka obecná *(Lacerta agilis) (viz popis modelového organismu typu plaza)* je hojná do nadmořské výšky 600 m. Je vejcorodá, živí se měkkýši a hmyzem.

Ještěrka živorodá *(Lacerta vivipara)* je typický obyvatel lesních podhůří. Díky své vejcoživorodosti vystupuje i vysoko do hor a ve Skandinávii dosahuje až k severnímu polárnímu kruhu. Její ocas je ve srovnání s jinými druhy poměrně tlustý, asi o polovinu delší než trup.

Ještěrka zelená *(Lacerta viridis)* je naší největší ještěrkou *(až 35 cm)*. Je zbarvena smaragdově zeleně.

Ještěrka zední *(Lacerta muralis)*. Je šedohnědá, samci mají břicho červené. Je nápadná svou malou hlavou a mimořádně dlouhým ocasem.

Čeleď **SLEPÝŠOVITÍ** je u nás zastoupena jediným druhem – **slepýš křehký** *(Anquis fragilis)*. Má zcela redukované končetiny. Jeho tělo je kryto drobnými šedohnědými šupinami. Je vejcoživorodý *(6–12 mláďat)*. V suchých lesích na Balkáně žije jeho příbuzný druh **blavor žlutý** *(Ophisaurus apodus)*.

Čeleď **LEGUÁNOVITÍ** je rozšířena v Americe a na Madagaskaru. Žijí pozemním životem, příp. na stromech. Mají silné končetiny s prsty zakončenými drápy. V jejich potravě převládají rostliny. Na Galapágách žije mimo jiné leguány i jediný mořský druh *(Amblyrhynchus cristatus)*, který se potápí za mořskými řasami. V teráriích je často chován **leguán zelený** *(Iguana iguana)*.

AGAMOVITÍ *(čeleď)* se velmi podobají leguánům. Jsou nápadné svou kulatou hlavou a rohovitými límci nebo hřebeny. Jsou aktivní za dne. Obývají pouště a pralesy Afriky, Asie i Austrálie; např. středoasijská **agama stepní** *(Agama sanguinolenta)*. V Malajsku žije další příbuzný agam, pozoruhodný ještěr **dráček létavý** *(Draco volans)*, s vystouplými žebry propojenými kožním lemem, který mu umožňuje prodlužovat skoky klouzavým letem i na několik desítek metrů.

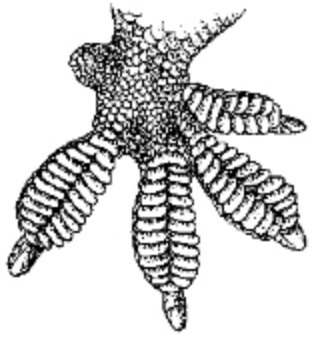
GEKONOVITÍ *(čeleď)* jsou drobní, vývojově starobylí ještěři s nápadně velkýma očima. Jsou rozšířeni v tropech a subtropech celého světa. Jsou aktivní za šera a za tmy. Živí se převážně hmyzem. Pětiprsté končetiny mají opatřeny přísavkami, příp. rohovitými plátky, které jim umožňují obratný pohyb po skalách, na stromech a v lidských sídlištích i po svislých stěnách budov. V jižní Evropě žije **gekon zední** *(Tarentola mauretanica)*.

VARANOVITÍ *(čeleď)* jsou pohybliví štíhlí ještěři. Živí se dravě nebo zdechlinami. Mají dlouhé silné nohy, nesoucí tělo nad zemí, protáhlou hlavu s dlouhým, hluboce rozeklaným jazykem a dlouhý, pohyblivý a nelámavý ocas. Současným největším ještěrem je **varan komodský** *(Varanus komodoensis),* žijící v Sundském souostroví a dorůstající délky až 4 m. Středoasijské a severoafrické stepi a polopouště obývá v zoologických zahradách často chovaný druh **varan pustinný** *(Varanus griseus).*

CHAMELEONOVITÍ *(čeleď)* jsou ještěři přizpůsobení životu na stromech a keřích. Mají ze stran zploštělé tělo s ostrým hřbetním kýlem, přilbovitou hlavu a různě dlouhý ocas. Jím se též přichycují na větvích. Dlouhé, tenké nohy chameleona mají srostlé tři a dva prsty v kleště, pevně svírající větev. Chameleon má velké, nezávisle na sobě se pohybující oči s víčky srostlými až na střední otvor a pokrytými jemnými šupinkami. K lapání hmyzu má chameleon uzpůsobený dlouhý, na konci kyjovitě rozšířený a lepkavý jazyk, který může vymrštovat i na vzdálenost přesahující délku těla. Plíce chameleona mají slepé výběžky, které zvíře při podráždění nafukuje. Jeho tělo se pak značně zvětší. Současně může měnit i zbarvení svého těla. Samičky chameleona kladou vajíčka do země a některé druhy jsou vejcoživorodé *(adaptace pro stromový způsob života).* V jihozápadní Evropě žije **chameleon obecný** *(Chamaeleo chamaeleon).*

Plazi – ještěři
a) gekon zední *(15 cm),* b) leguán zelený *(až 200 cm),* c) varan pustinný *(120 cm),* d) dráček létavý *(do 21 cm)*

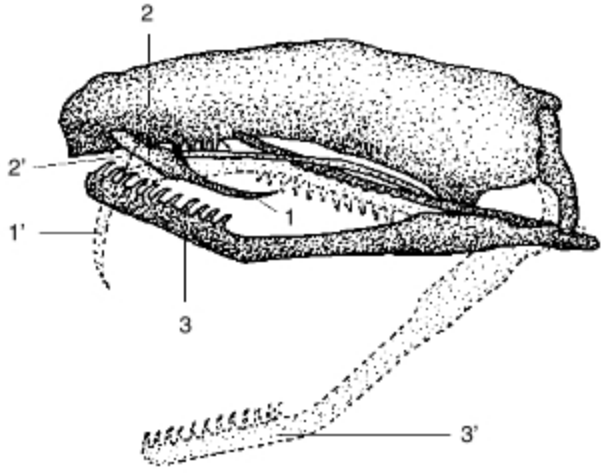
Agama límcová zapuzuje útočníka otevřenou tlamkou, široce rozevřeným límcem a syčením



Lamely na spodní straně prstů umožňují gekonům obratný pohyb i lov na svislých stěnách dokonce na stropech místností

◇ 2. řád: **Hadi** *(Ophidia)*

Hadi jsou vývojově nejmladší skupina plazů. Největšího rozvoje dosáhli v třetihorách. Jejich typickým pohybem je plazení, které se vyvinulo v souvislosti se ztrátou končetin a jejich pásem. Dokážou se plazit po stromech a řada druhů velmi dobře plave. Tělo hadů je členěno na hlavu, trup a ocas. Všechny jejich tělní obratle jsou nerozlišené a mají pohyblivá žebra, která jsou oporou svalovině tělní stěny. Hadi uchvacují i velkou **kořist**, kterou **polykají vcelku**. Je to umožněno zejména vzájemnou pohyblivostí levé a pravé poloviny čelistí, jejichž pohybem se had na kořist doslova „nasouká“. Polykání usnadňuje sekrece slin. Další zvláštností hadů je vyvinutí pouze pravé plíce, která je výrazně protažená a slouží jako zásobárna vzduchu při polykání kořisti. Oční víčka hadů jsou

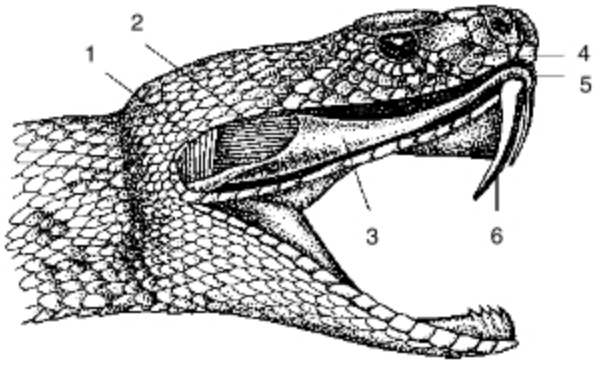


Mechanizmus otvírání hadí tlamy
(Tmavší část vyznačuje polohu lebečních kostí při tlamě zavřené, světlejší část při tlamě otevřené)
1 a 1' – jedový zub; 2 a 2' – horní čelist; 3 a 3' – dolní čelist

srostlá a průhledná. Zaostřují přibližováním čočky k sítnici, nikoli změnou jejího zakřivení. Pokožku svlékají vcelku *(jako prst rukavice)*.

Asi pětina hadích druhů má v horní čelisti vytvořeny jedové zuby, které nasedají na jedovou žlázu, vzniklou vývojovou přeměnou žlázy slinné. Při uštknutí vytéká ze zubu rýhou *(nebo kanálkem)* **jed**. Každý jedovatý had má druhově typický jed s odlišným biochemickým složením a působením.

Zvláštním pákovým mechanismem jsou u zmijových a chřestýšovitých hadů jedové zuby při zavřené tlamě sklopeny nazad, při otevřené tlamě se vztyčí.



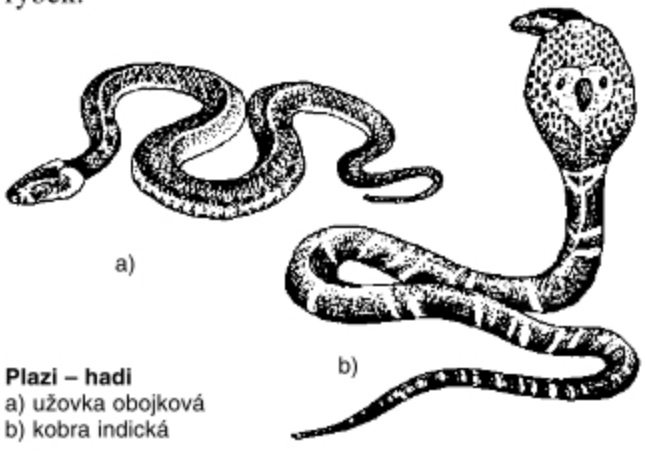
Jedový aparát hada – chřestýš
1 – čelistní sval, 2 – svěrač vypuzující jed, 3 – jedová žláza, 4 – tepločivná jamka, 5 – jedový kanálek, 6 – dutý jedový zub *(podélný řez)*
(Po vniknutí jedových zubů do těla kořisti vypudí svěrač jed do žlázy kanálkem dutými zuby do rány)

Hadi se rozmnožují vejci v pergamenové bláně nebo jsou vejcoživorodí *(např. naše zmije)*. Snášejí je často do tlející rostlinné hmoty, kde bývá vyšší teplota, vhodná pro vývoj jejich vajíček.

Systematicky je řadíme do čeledí: hroznýšovití, užovkovití, korálovcovití, zmijovití a další.

V Evropě nejběžnější a i u nás nejrozšířenější druh je **užovka obojková** *(Natrix natrix)*, nápadná svými poloměsíčkovitými žlutými skvrnami za vejčitou hlavou. Je vejcorodá, nejedovatá, žije poblíž vody, kde loví skokany, pulce, čolky atp.

Užovka podplamatá *(Natrix tessellata)* je také šedá, ale hlavu má bez poloměsíčkovitých skvrn. Je nejedovatá, výrazně vázaná na vodu. Živí se lovem rybek.



Plazi – hadi
a) užovka obojková
b) kobra indická

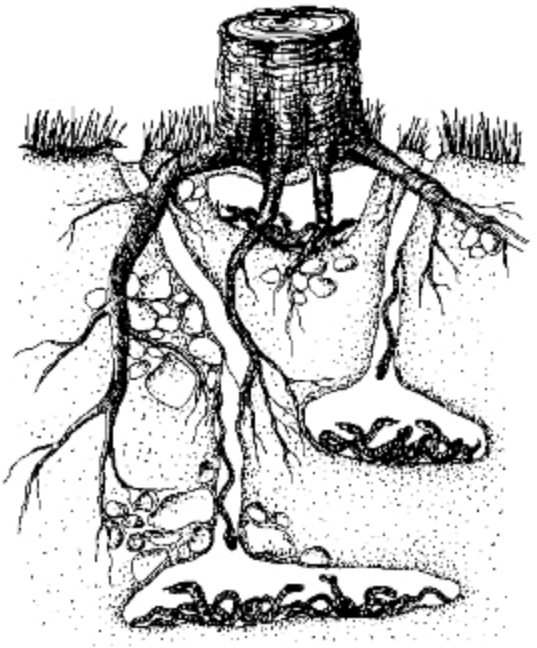
Užovka hladká *(Coronella austriaca)* obývá suché lokality s křovinatou vegetací.

Užovka stromová *(Elaphe longissima)* je rozšířena zejména v jižní Evropě. Od dob Římanů je jako „Aesculapův had" symbolem v lékařském znaku.

Z korálovcovitých jsou v jižní Asii a v severní Africe známy prudce jedovaté kobry. **Kobra indická** *(Naja naja)* a **kobra africká** *(Naja haje)*. Ještě prudší jed než kobry mají africké **mamby** *(Dendroaspis)*.

Zmije obecná *(Vipera berus)* má silné tělo s krátkým kuželovitým ocasem a širokou, trojúhelníkovitou, hranatou hlavu. Na základním šedém až olivově zeleném zbarvení vyniká tmavý klikatý pruh. Zmije u nás žije hojně v podhůří a horách v lesnaté krajině. Zmije je vejcoživorodá *(ovoviviparní)*, snáší 10–15 vajíček. Složené jedovaté zuby zmije se při otevření tlamy pákovitě vztyčují *(jsou dva)*. Jejich kanálkem vytéká jed. Uštknutí zmije je bolestivé a nebezpečné. Důležité je včasné poskytnutí první pomoci a rychlá doprava k lékaři. Zcela nejlepší je však prevence *(např. gumáky při sbírání malin v lese atp.)*. Prudce jedovatí jsou i zmijím příbuzní **chřestýši** *(rod Crotalus)*, žijící v Severní Americe. Při podráždění charakteristicky „chřestí" rohovitými prstenci ze zbytků svrchních vrstev pokožky.

Mimořádně velcí, avšak nejedovatí hadi jsou **hroznýši** *(Boidae)*. Kolem své kořisti se ovíjejí a usmrcují ji zadušením *(„škrtiči")*. K nejznámějším zástupcům této skupiny patří **krajta mřížkovaná** *(Python reticulatus)*, **hroznýš královský** *(Boa constrictor)*, a obojživelná **anakonda velká** *(Eunectes murinus)*, obývající vlhké pralesy a povodí Amazonky a dorůstající délky až 10 m.



Zimování zmijí

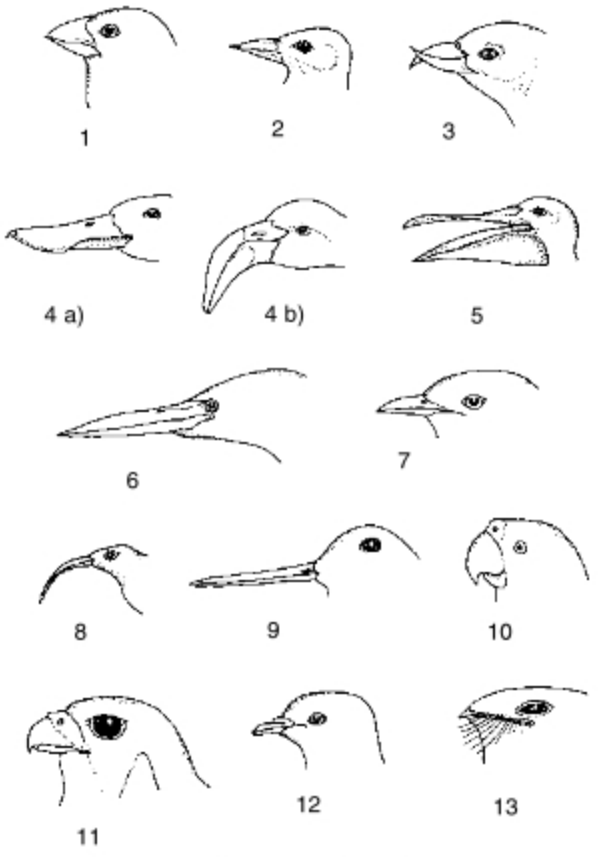
■ Třída: **PTÁCI** *(Aves)*

Ptáci jsou mimořádně úspěšná letu schopná třída obratlovců. Jsou dokonale přizpůsobeni suchozemskému způsobu života a osídlili celou Zemi. Jsou vývojovým pokračováním plazů *(Archosauria)* vymřelých koncem triasu. Mají stálou a řízenou teplotu těla (*obvykle 40 °C).* Peří, které jim umožňuje létání, je pokožkového původu *(obdoba šupiny plazů).* Mimořádně namáhavému a vysilujícímu pohybu ve vzduchu mají uzpůsoben výkonný metabolismus *(rychlé trávení potravy, schopnost intenzivního prokysličování krve a její dokonalé rozvedení k tkáním)*, duté kosti, čtyřdílné srdce s jedinou aortou *(pravá!)*, uložení létacího svalstva v prsní krajině. Mají vysoce rozvinutou nervovou a smyslovou soustavu umožňující orientaci a pohotovou reakci. Ze smyslových ústrojí ptáků je nejdokonalejší oko. Kůže ptáků je suchá, zpravidla s jedinou žlázou *(žláza kostrční).* Jejich běháky a prsty jsou kryty rohovitými šupinami. Přední končetiny jsou přeměněny v křídla, zadní končetiny kromě chůze mohou sloužit např. k běhání, hrabání, skákání, šplhání, plavání, příp. k uchvacování kořisti. Ptáci se rozmnožují vejci s vápenatou skořápkou, jež zahřívají teplem vlastního těla. O vylíhlá mláďata většina ptačích druhů starostlivě pečuje.

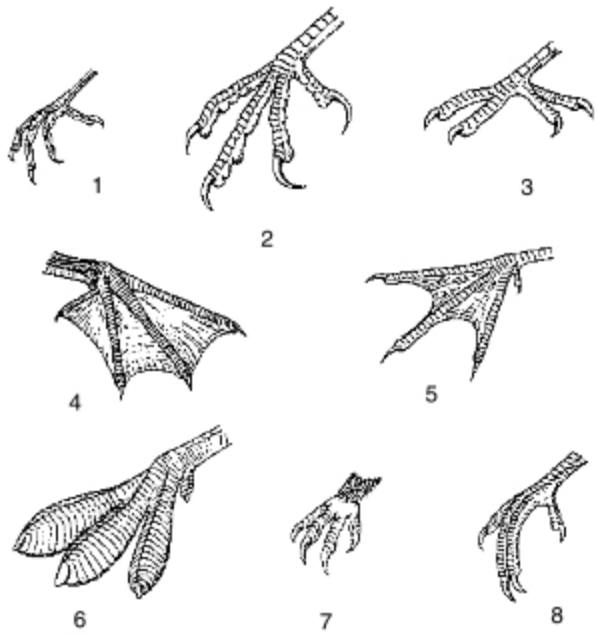
Holub domácí *(Columba livia f. domestica)* má kapkovitý, dokonale aerodynamický tvar. Má tenkou kůži, z níž vyrůstá charakteristický pokryv těla – **peří**. Ptáci mají na kostrči jedinou žlázu ***(žláza kostrční** – glandula uropygii)*, jejíž olejovitý sekret zobákem vytlačují a roztírají po peří. Vyvinutá je zejména u vodních ptáků, jejichž peří vyžaduje pravidelné ošetřování, aby bylo nesmáčivé. V rané fázi peří mláďat ošetřují rodiče sekretem vlastní žlázy. Sekret kostrční žlázy může sloužit i k odvrácení útočníka *(např. u kachny pižmové).* Kostrční žláza může zakrnět *(např. u holubů, papoušků, dropů).*

Na hlavě holuba je rohovitý zobák, u jehož kořene je měkké ozobí.

Zobák ptáků je u různých druhů rozmanitě utvářen podle způsobu přijímání potravy. Má i význam uchopovací, protože žádný ptačí druh nemá schopnost uchopovat předními končetinami. V obou čelistech je tvořen souvislým povlakem rohoviny *(ramfotéka),* jež v podstatě ohraničuje dutinu ústní a nikdy nevytváří zuby. Rovněž nohy ptáků jsou různě uspořádány. Kromě kráčivé může být ptačí noha i hrabavá *(bažant),* plovací *(rybák),* veslovací *(kormorán),* šplhací *(žluna),* uchopovací *(spáry dravců)* atp. Pero je vyživováno škárovými cévami, prostupujícími ze škárové papily do dutiny pera *(pulpa).*

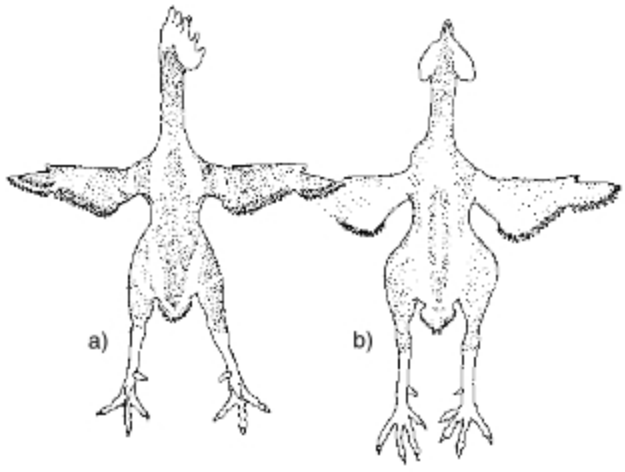


Utváření ptačího zobáku v závislosti na způsobu získávání potravy
1 – zrnožravý pěvec *(dlask)*, 2 – dobývání hmyzu ze dřeva *(datlovitý pták)*, 3 – vytahování semen ze šišek jehličnanů *(křivka)*, 4 – filtrování potravy z bahna – a) lžičák, b) plameňák, 5 – lov ryb v mělké vodě *(pelikán)*, 6 – harpunování vodních živočichů *(volavka)*, 7 – sbírání hmyzu *(kukačka)*, 8 – sání květních šťáv *(kolibřík)*, 9 – sběr hmyzu z vlhké půdy *(sluka)*, 10 – louskání plodů a semen *(papoušek)*, 11 – trhání masité kořisti *(dravci)*, 12 – sbírání semen a plodů *(holub)*, 13 – chytání létajícího hmyzu *(lelek)*



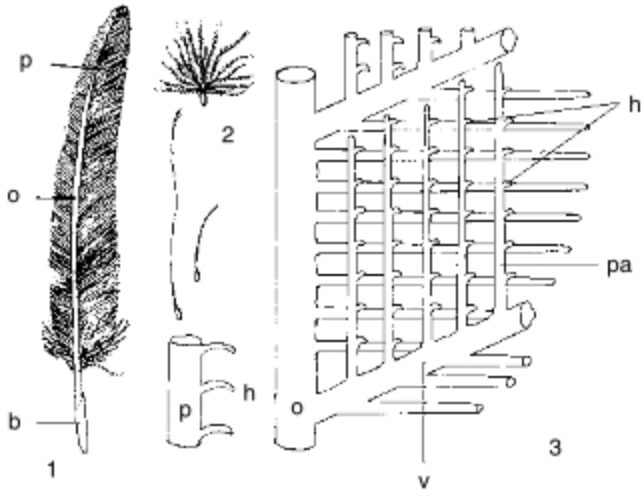
Typy ptačích nohou
1 – kráčivá *(pěnkava)*, 2 – spár *(dravec)*, 3 – šplhavá *(strakapoud)*, 4 – veslovací *(kormorán)*, 5 – plovací *(racek)*, 6 – lemovaná *(potápka)*, 7 – závěsná *(rorýs)*, 8 – syndaktylní *(část. srůst 2., 3. a 4. prstu), (ledňáček)*

Pera vyrůstají na místech kůže zvaných **pernice** *(pterylae).* Místa, která jsou peřím pouze překryta, se nazývají **nažiny** *(apteria).* Ptáci mají dvojí peří.



Pernice a nažiny *(kur domácí)*
a) hřbetní strana těla, b) břišní strana těla

Tepelnou izolaci těla zajišťuje **peří prachové** *(plumae).* **Peří krycí** neboli **obrysové** *(pennae)* kryje hlavu, krk, tělo a nohy. Na křídlech jsou dlouhá pevná pera s nesouměrným praporem – **letky**. Funkci chybějícího ocasu mají prodloužená, vějířovitě rostoucí **rýdovací pera**. Každé pero *(kromě prachového)* má osu – **stvol**, jejíž dutá část vyrůstající z kůže se nazývá **brk** a plná část, po jejíchž stranách vyrůstá prapor, se nazývá **osten**. Prapor je tvořen větvemi s paprsky s háčky. Peří tvoří mimořádně lehkou souvislou nosnou plochu ptačích křídel. Barevnost ptačího peří je dána kombinací barviv obsažených uvnitř pera a odrazu světelných paprsků na povrchové struktuře pera *(tzv. fyzikální či strukturální zbarvení),* způsobující např. „kovový lesk".



Stavba ptačího pera
1 – letka, 2 – prachové peří, 3 – schéma stavby praporu

p – prapor	v – větvička
o – osten	pa – paprsek
b – brk	h – háčky

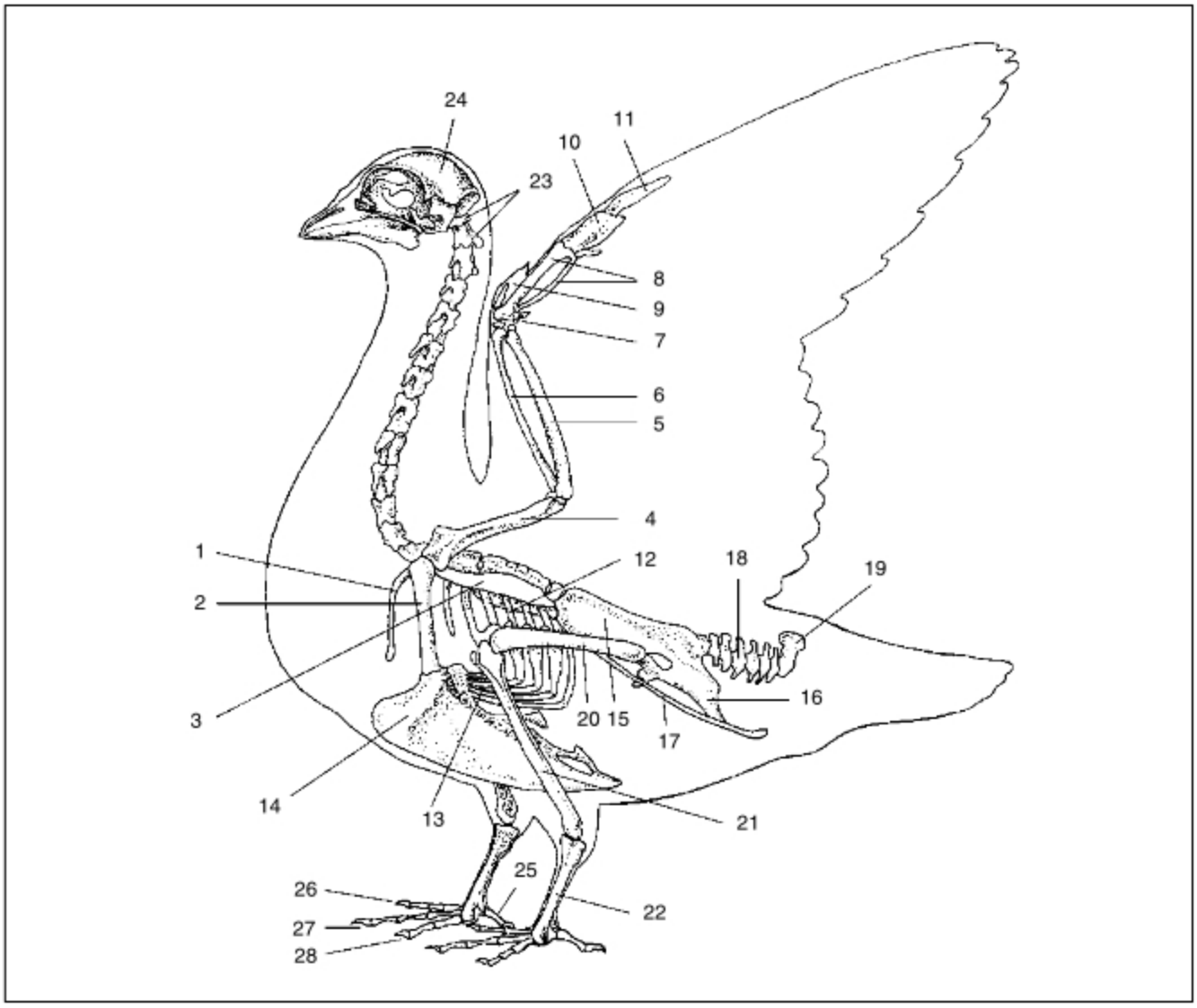
Ptačí kostra se vyznačuje malou hmotností a velkou pevností. Je „odlehčená" značnou redukcí ocasní páteře a vymizením morku dlouhých kostí, které jsou tedy duté *(pneumatizované).* Osou ptačí kostry je páteř, tvořená obratli. Má mimořádně pohyblivou část krční s druhově proměnlivým počtem obratlů *(vrabec 10, labuť 26).* Hrudních obratlů je 3–10. Všechny nesou párová, dvoudílná žebra, tvořící hrudní koš. Jeho součástí je mohutná kost prsní *(sternum),* tvořící miskovitou oporu tělním útrobám *(srdci, žaludku, játrům)* a vybíhající v mohutný hřeben, na nějž se upíná létací svalstvo ptáka. Za hrudními následuje 6 obratlů bederních a 14 křížových. Všechny srůstají v mohutnou kost křížovou *(synsacrum),* pevně srůstající s pánví. Útroby jsou tak chráněny shora. Současně poskytuje úpony svalstvu zadních končetin a trupu. Pánev je na vnitřní straně nesrostlá *(otevřená)*, což umožňuje snášení vajec s pevnou skořápkou. V páteři za synsacrem následuje 5–8 ocasních obratlů a trnovitý pygostyl.

Mimořádně pohyblivá ptačí lebka vybíhá v bezzubý zobák. Lebeční kosti ptáka v dospělosti srůstají, takže ptačí lebka je bezešvá.

V přední končetině kosti zápěstní, záprstní a prsty srůstají, příp. zanikají. Lopatkové pásmo je tvořeno šavlovitou lopatkou, uloženou párově podél páteře, klíčními kostmi, srostlými v charakteristickou vidlici *(„sáňky"),* a mohutnými párovými kostmi krkavčími, nasedajícími na prsní kost. Ptačí křídlo působí při letu jako jednozvratná páka. Tlak vyvolaný na ramenní kloub je přenášen krkavčími kostmi na kost prsní, kde se protisměrným působením z obou stran ruší. Zadní končetiny ptáka mají zachovánu kráčivou funkci. V živočišné říši ojedinělým kosterním útvarem je **„běhák"**, vzniklý srůstem nártních a zánártních kůstek *(tzv. „drůbeží stehýnka" jsou anatomicky vlastně lýtka).*

Pro **svalstvo ptáků** je charakteristické, že létací svaly jsou umístěny v trupu a do křídel jdou pouze vazy. Nejmohutněji je vyvinut prsní létací sval *(musculus pectoralis maior)*, který tvoří asi 20 % hmotnosti těla ptáka. Pozoruhodným ptačím svalem je „musculus ambiens" *(m. flexor perforans)*, umožňující automatické, neuvědomělé sevření prstů ptáka při dosednutí na větev. Při sedění ani ve spánku tedy ptáci nevynakládají žádnou svalovou práci.

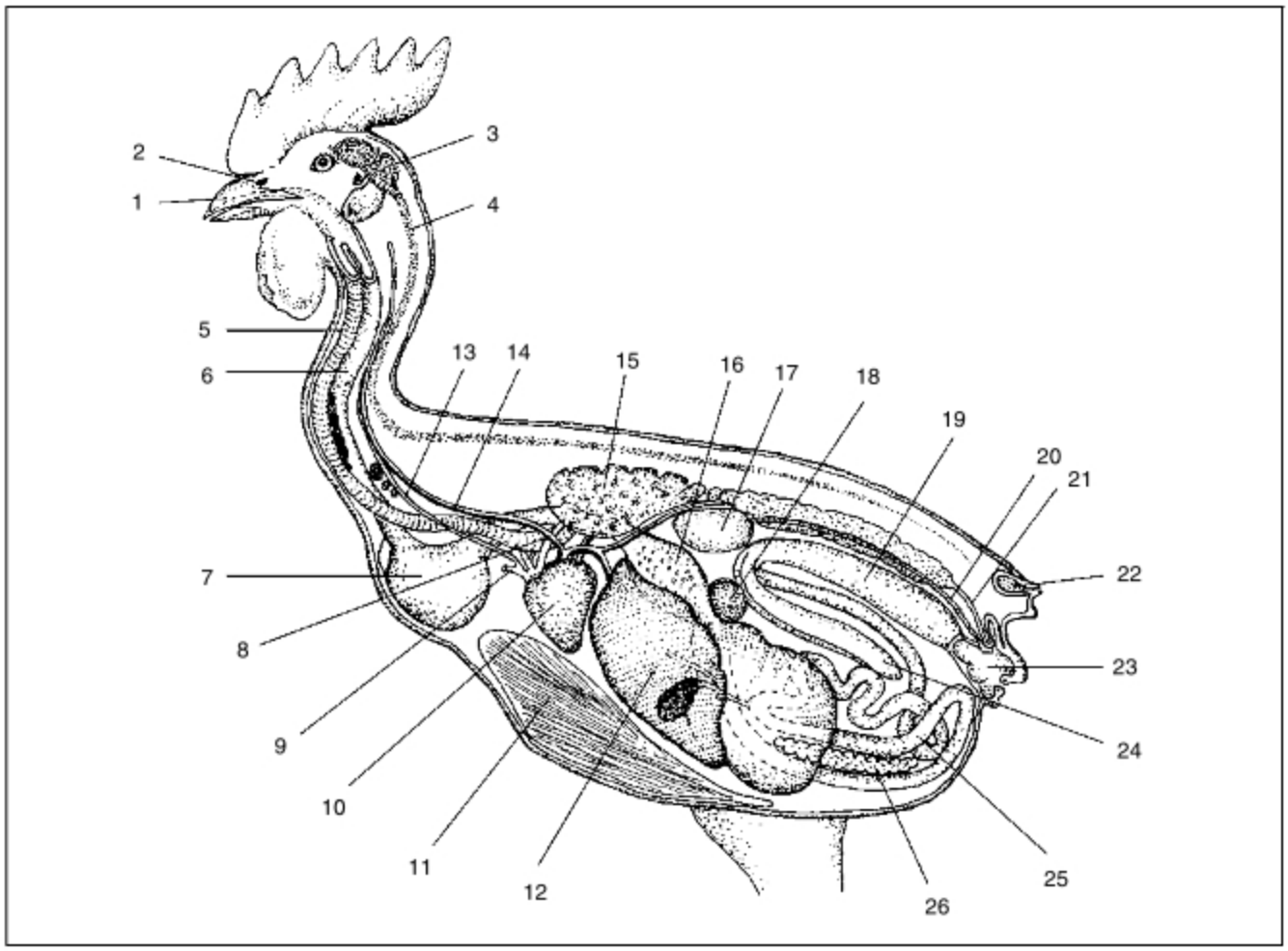
Trávicí soustava ptáků začíná dutinou ústní, ohraničenou různě utvářeným a vždy bezzubým zobákem. Patro ústní dutiny má u zrnojedů rohovité struktury, umožňující louskání, příp. loupání semen. Do ústní dutiny ústí několik párových ústních žláz, zvlhčujících slinami potravu. U vodních druhů jsou slinné žlázy silně redukovány. Naopak velké jsou u datlovitých ptáků, u vlaštovek, rorýsů a salangan, které jejich sekretem lepí stavební materiál svých hnízd. Z úst přechází trávicí trubice krátkým hltanem do jícnu, který je u holubů, kurů a dravců rozšířen ve vakovité **vole** *(ingluvies)* s funkcí shromaždiště potravy a jejího změkčování.



Kostra ptáka *(holub)*
1 – klíční kost, 2 – krkavčí kost, 3 – lopatka, 4 – ramenní kost, 5 – loketní kost, 6 – vřetenní kost, 7 – zápěstní kůstky, 8 – dlaňové kůstky, 9, 10, 11 – první až třetí prst na křídle, 12 – hřbetní část žebra, 13 – břišní část žebra, 14 – hřeben kosti prsní, 15 – kyčelní kost, 16 – sedací kost, 17 – stydká kost, 18 – třetí obratel ocasní, 19 – pygostyl, 20 – stehenní kost, 21 – holenní a lýtková kost, 22 – běhák, 23 – nosič a čepovec, 24 – kosti mozkovny, 25–28 – první až čtvrtý prst nohy

Holubům v době hnízdění stěna volete zduří a odlupující se epitel její vnitřní stěny vytváří pro mláďata v prvních dnech života ničím nenahraditelný výživný sýrovitý výměšek *(holubi proto nejsou ani ve velkochovech odchovávání v líhních a péče o vejce i o mláďata je vždy ponechána rodičům).* Za voletem ptáků následuje žaludek, který má dvě části. Tenkostěnný **žaludek žláznatý**, v němž se potrava velmi intenzivně chemicky natravuje, a silnostěnný **žaludek svalnatý**, s funkcí mechanického zpracování natrávené potravy. Ptáci v něm mají i drobné kaménky a zrníčka písku, pomáhající potravu drtit. Hmyzožraví a masožraví ptáci ve svém svalnatém žaludku oddělují a stmelují nestravitelné součásti potravy *(chitinové krunýře, kosti, chlupy, peří)* a vyvrhují je v druhově odlišných válcovitých vývržcích *(typické pro dravce a sovy).* Vlastní trávicí procesy a vstřebávání živin probíhají v poměrně krátkém, úsporně stavěném a nerozlišeném střevě, do jehož počátku ústí slinivka břišní a velká dvoulaločná játra. Ptáci většinou mají žlučník *(kromě holubů, papoušků a pštrosů).* Před konečníkem se ptákům na střevě vychlipují dvě slepá střeva s nezbytnou bakteriální flórou, štěpící buničinu a produkující některé vitaminy. Trávicí trubice ptáků končí kloakou. Do ní ústí párové močovody a vývody pohlavních žláz a dochází i ke zpětnému vstřebávání vody. Výkaly jsou kašovité s bělavým povlakem kyseliny močové.

Dýchací soustava ptáků je ze všech obratlovců nejvýkonnější. Při dýchání se objem poměrně malých a pevných ptačích plic prakticky nemění. Vzduch přichází do těla nosními otvory v zobáku a choanami do hrtanové štěrbiny. Z ní pokračuje poměrně dlouhou **průdušnicí** *(trachea).* Následuje rozdvojení *(bifurkace)* ve dvě krátké **průdušky** *(bronchi)*, které vstupují do plic a v plicní tkáni se



Anatomie vnitřních orgánů kura domácího
1 – zobák, 2 – nozdry, 3 – mozek, 4 – mícha, 5 – průdušnice, 6 – jícen, 7 – vole, 8 – hlasové ústrojí, 9 – aorta, 10 – srdce, 11 – prsní sval, 12 – játra se žlučníkem, 13 – krkavice, 14 – jařmová žíla, 15 – plíce, 16 – žlaznatý žaludek, 17 – varle, 18 – slezina, 19 – konečník, 20 – chámovod, 21 – močovod, 22 – kostrční mazová žláza, 23 – kloaka, 24 – slepé střevo, 25 – střevo, 26 – slinivka břišní

dále dělí. V místě rozdvojení průdušnice je **hlasový ústroj ptáků** *(syrinx)*, který chybí pouze čápům, pštrosům a supům. Je tvořen hlasovými blánami,

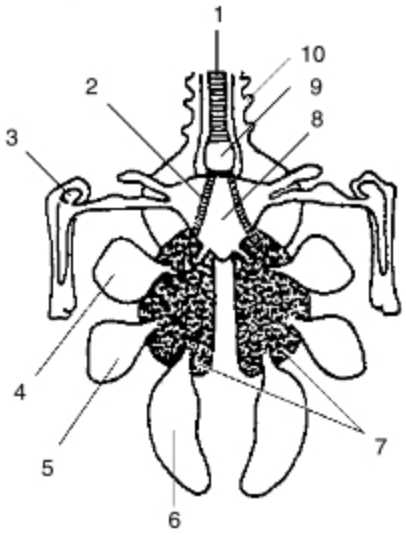


Schéma ptačího dýchacího ústrojí
1 – průdušnice, 2 – průduška, 3 – pažní kost, 4 – přední hrudní vak, 5 – zadní hrudní vak, 6 – břišní vak, 7 – plíce, 8 – mezikličkový vak, 9 – hlasové ústrojí *(syrinx)*, 10 – krční vak

které jsou rozechvívány z plic vyráženým vzduchem. Ptačí hlasy, oživující přírodu zejména v jarních měsících, mají v životě ptáků velký význam *(vyhledávání partnera, vyznačení hnízdního, příp. potravního okrsku atp.)*.

Ptačí plíce jsou malé, hustě větvené a vystlané bohatě prokrveným dýchacím epitelem. Jsou přirostlé ke stropu tělní dutiny. Plicní sklípky vytvořeny nejsou. Hlavní větve průdušek pokračují z plic do pěti párů **vzdušných vaků**, které zasahují mezi tělní útroby, pod kůži i do dutých kostí. Celé tělo je tak při letu odlehčeno a účinně ochlazováno. Vzduch prochází plícemi v rytmu pohybu hrudního koše do vzdušných vaků a zpět, přičemž krev je okysličována jak při vdechu, tak při výdechu, tedy celkem dvakrát.

Cévní soustava ptáků má obdobnou anatomickou stavbu jako cévní soustava savců *(je to důsledek konvergentního vývoje)*. Obsahuje čtyřdílné srdce, dokonale oddělující plicní a tělní krevní oběh. Z levé, silně svalnaté komory vystupuje pravý aortální oblouk. Na rozdíl od savců mají ptáci *(stejně jako plazi)* vyvinut ledvinový vrátnicový oběh.

Vzhledem ke své mimořádně pohybové aktivitě mají ptáci ze všech obratlovců poměrně největší srdce, absolutně nejvyšší krevní tlak *(200 mm Hg)*, rychlost tepu *(holub 220)*. Tělesná teplota ptáků je stálá, aktivně řízená a pohybuje se kolem 40 °C. Hospodaření s tělesným teplem výrazně napomáhají tepelně izolační vlastnosti prachového peří. Červené krvinky ptáků obsahují hemoglobin, jsou oválné a mají jádro.

Vylučovací soustava ptáků je tvořena párovými, protáhlými, třílaločnatými pravými ledvinami *(metanefros)*, které jsou uloženy v pánevní části synsacra. Mají temně červenou barvu. Kromě odloučení tělu škodlivých dusíkatých látek v nich dochází ke zpětné resorpci vody. Moč je odváděna z ledviny močovodem přímo do kloaky *(ptáci nemají močový měchýř)*, kde je dále zahušťována a jako kyselina močová, tvořící bělavý povlak na kašovitém trusu, opouští tělo.

Nervová a smyslová soustava ptáků je mimořádně vyvinutá *(zejména koncový mozek a mozeček)* a má úzkou vazbu na hormonální systém ptáků. Přímo souvisí i s ptačím instinktivním životem, který výrazně ovlivňuje jejich život *(např. vznik svatebního opeření, hnízdní pud a krmení mláďat, pelichání, chování na tahu, tvorba druhotných pohlavních znaků)*. Mozeček je na povrchu listovitě zvrásněn *(gyrifikován)*. Dobře je rovněž vyvinut vegetativní nervový systém.

Ze smyslových ústrojů má řídicí úlohu čidlo zrakové a čidlo sluchové. Čočkovitý nebo kuželovitý tvar ptačích očí většinou zmenšuje jejich pohyblivost *(sovy mají oči zcela nepohyblivé)*. Ptáci tedy pro lepší směrové vidění natáčejí hlavu. Jejich oči jsou chráněny víčky a z vnitřního okraje mžurkou, kterou za letu nebo při potápění přetahují přes rohovku. Mrkají obvykle větším dolním víčkem. Akomodaci oční čočky v rozsahu 12–20 dioptrií zajišťuje ciliární sval. Ptáci vidí barevně.

Všichni ptáci **jsou odděleného pohlaví**. Samčí varlata jsou párová a mají fazolovitý tvar. V období pohlavního klidu jsou šedá a malá. Před pářením se zvětšují i 300krát a zbělají. Páření se uskutečňuje přitisknutím okrajů kloak obou pohlaví *(pštrosi a kachnovití mají penis)*. Samičky mají funkční pouze levý vaječník. Zralé vajíčko vstupuje do nálevkovitého ústí vejcovodu, v němž je oplozeno spermiemi *(ve vejcovodu mají ptačí spermie životnost až 3 týdny)*. V jeho středním oddíle se obalují bílkem, papírovou blánou a v nejnižší části kašovitou vápenatou hmotou, postupně tuhnoucí ve skořápku. Vejce prochází vejcovodem špičkou napřed. V závěrečném oddílu vejcovodu se obrací a za sekrece hlenu je vypuzeno. V hmotě bílku je žloutek stabilizován dvěma na pólech umístěnými šroubovitými poutky *(chalaza)*. Na povrchu žloutku je zárodečný terčík, z něhož se vyvíjí zárodek. Kolem něj je v soustředných vrstvách vytvořen výživný *(nutritivní)* žloutek.

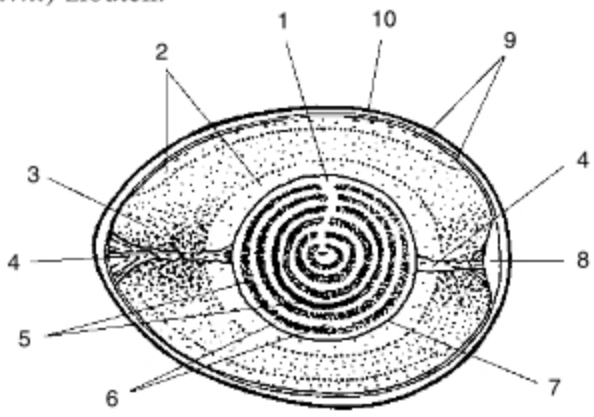


Schéma stavby ptačího vejce
1 – zárodečný terčík, 2 – řídký bílek, 3 – hustý bílek, 4 – poutko *(chalaza)*, 5 – tmavý žloutek, 6 – světlý žloutek, 7 – žloutková blána, 8 – vzduchová komůrka, 9 – vnější a vnitřní papírová blána, 10 – skořápka

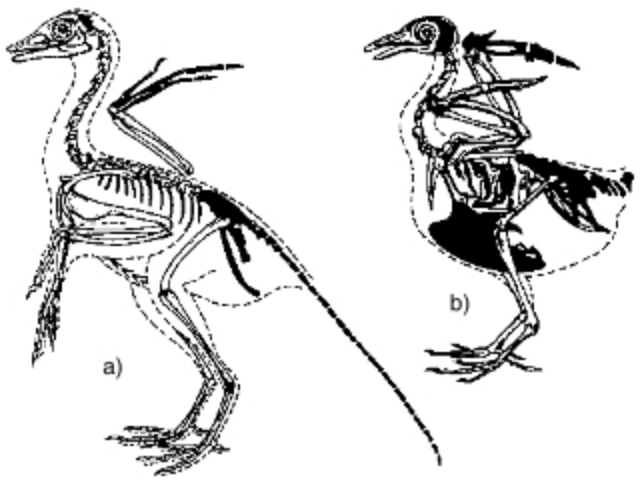
V těle samičky probíhá vývoj do stadia dvou zárodečných listů. Není-li vajíčko zahříváno, vývoj se na určitou dobu v této fázi zastaví *(mezitím zpravidla samička snáší další vajíčka)*. Další vývoj probíhá jen při zahřívání tělem jednoho z rodičů, zpravidla samičkou ***(inkubace)***.

Zárodek má zpočátku značně velkou hlavu. Je těsně obalen amniovou blánou s plodovou vodou. Po straně zárodku se vyvíjí další zárodečný vak, jímž je bohatě prokrvený allantois, umožňující dýchání. Zárodek postupně vyplní celý prostor vajíčka. Má stočenou polohu s hlavou na břiše mezi končetinami. V závěru inkubace atrofuje allantois a stráví se žloutkový vak. Mládě začne dýchat vzdušný kyslík ze vzduchové komůrky na tupém konci vajíčka, dochází i k výrazné změně ve stavbě soustavy cévní. Po vylíhnutí je mládě vlhké a slabé. V prvních hodinách stravuje zbytky vaječného žloutku. Po vykálení projeví zájem o potravu. Na hnízdě je zahříváno i krmeno rodiči *(u holubů devět dnů sýrovitým výměškem volete, posléze nabobtnalým a natráveným zrním)*. Mládě postupně sílí, staví se na nohy, opeřuje se a cvičí křídla. Hnízdo opouští ve stáří asi tří týdnů.

SYSTÉM PTÁKŮ

Ptáci jsou po rybách druhá nejpočetnější třída obratlovců. *(Na našem území z nich pravidelně hnízdí asi 215 druhů.)* Dosud byl objeven pouze jediný druh praptáka **Archaeopteryx lithographica** *(podtřída* **praptáci** *– Saururae)*, v břidlicích ze svrchní jury u Solenhofenu v Bavorsku. Tento druh žil asi před 140 miliony lety v araukáriových a cykasových lesích a vykazuje jak **znaky plazí** *(pravé jamkovité zuby, amficélní obratle, malá a plochá hrudní kost, na křídlech 3 volné prsty s drápky a dlouhý*

ocas s 15 páry postranních per), tak **znaky ptačí** *(pravé a diferencované opeření, přední končetiny přeměněny v křídla, klíčové kosti srostlé v „sáňky", částečně pneumatizované kosti).* Předpokládáme, že praptáci díky drápkovitým prstům na křídlech dobře šplhali po stromech a dolů se snášeli klouzavým, případně nedokonale třepetavým letem.



Odlišnosti ve stavbě kostry létavého ptáka (b) **a archaeopteryxe** (a), který není předkem současných ptáků

☐ Podtřída: **PRAVÍ PTÁCI** *(Ornithurae)*

Všichni praví ptáci mají přední končetiny přestavěny v křídla *(s redukovaným 2. a 3. prstem a jsou vždy bez drápů).* Mají neozubené rohovité čelisti. V jejich páteři jsou typické srůsty obratlů *(např. synsacrum).* Praví ptáci se objevili na Zemi ve svrchní křídě. *(Mezi nimi a Archaeopteryxem je časový odstup 10 milionů let!)* V systému jsou děleni do tří víceméně uměle vytvořených nadřádů: **běžci** *(např. pštros),* **plavci** *(např. tučňák)* a **letci** *(např. holub, kos, bažant, vlaštovka).* Podle posledních vědeckých názorů jsou dva poslední nadřády označovány jako **létaví**, přičemž k pohybu pod vodou přizpůsobení tučňáci jsou chápáni jako řád rovnocenný s ostatními řády, jehož příslušníci druhotně ztratili schopnost letu.

Pro úplnost dodejme, že mezi pravé ptáky vědci řadí i vymřelý nadřád **prvoptáci** *(Protornithes = Odontognathae).* Vymřeli ve svrchní křídě. Ze severoamerických křídových usazenin jsou známy rody **Hesperornis** a **Ichthyornis**.

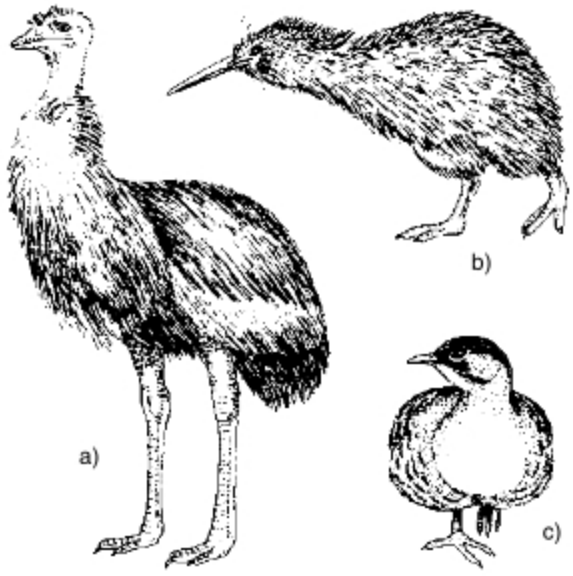
◆ I. nadřád: **Běžci** *(Peleognathae, syn. Ratitae)*

S výjimkou tinam **nejsou schopni letu**. Mají měkké peří a prsní kost bez hřebenu. Jejich kosti jsou pouze slabě pneumatizovány. Zadní končetiny se zredukovanými prsty jsou vyvinuty mohutně, přední končetiny jsou zakrnělé.

Např. **pštros dvouprstý** *(Struthio camellus),* **nandu pampový** *(Rhea americana),* **kasuár přílbový** *(Casuarius casuarius),* **emu australský** *(Dromiceius novaehollandiae).* Ve vlhkých lesích Nového Zélandu žije **kivi jižní** *(Apteryx australis).*

Pozn.: Do příbuzenstva kiviů patřil vyhynulý ptačí obr **moa**, *s váhou až půl tuny a výškou 3,5 m, který žil na Novém Zélandě.*

Tinamy jsou primitivní ptáci vzhledu a velikosti kurovitých, s nimiž však nejsou příbuzní. Uchovaly si schopnost létat. Mají pneumatizované kosti a vyvinutý hřeben kosti prsní. O snůšku i o mláďata pečuje výhradně samec. Obývají jihoamerický světadíl od nížin do hor, v pampách, buši i deštných pralesích. Např. **T. argentinská** *(Eudromia elegans).*



Ptáci – běžci
a) emu australský, b) kivi jižní, c) tinama měnivá

◆ II. nadřád: **Létaví** *(Neognathae)*

Rozhodujícím znakem pro zařazení ptačího druhu do nadřádu létaví je „neognátní stavba" lebeční báze, zpravidla s úzkou dlouhou kostí radličnou, která nikdy nedosahuje ke kostem křídlatým. Mají rovněž odlišně tvarovanou pánev, samci nemívají vyvinut penis a o vejce a o mláďata pečují obě pohlaví nebo samice. Většina druhů je známa od počátku třetihor.

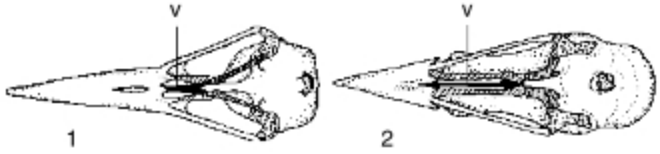


Schéma ptačí lebky zespodu
1 – paleognatní *(s krátkou kostí radličnou),* typická pro běžce
2 – neognatní *(s dlouhou kostí radličnou),* typická pro létavé
v – kost radličná *(vomer)*

◇ Řád: **Tučňáci** *(Sphenisciformes)*

Tučňáci nejsou schopni letu *(někdy bývají uváděni jako samostatný nadřád* **plavci** *– Impennes).* Křídla mají s nepohyblivým loketním kloubem, zakrnělá, přeměněná ve veslovací orgán. Jsou speci-

alizováni k plavání a potápění v moři. Tělo mají kryto stejnoměrně hustým šupinovitým peřím. Pod kůží je vyvinuta souvislá vrstva tuku. Mohutná je i jejich kostrční žláza. Tučňáci mají silné nohy, které jsou posunuty výrazně dozadu, takže tělo nosí zpříma. K podpoře těla napomáhá krátký tuhý ocas.

Tři přední prsty mají propojeny plovací blánou. Silné drápy umožňují pohyb po ledě a na skalách. Žijí v koloniích a mají vyspělé sociální chování. Za potravou *(ryby a hlavonožci)* se potápějí. Při pelichání a v době narůstání nového peří se nemohou potápět *(nepřijímají tedy potravu)*, protože ztrácejí všechno peří najednou. Mívají zpravidla jedno mládě. **Tučňák císařský** vejce zahřívá v kožním záhybu mezi nohama. Žijí zpravidla v polárních oblastech jižní polokoule. V zoologických zahradách je nejčastěji chovaným druhem tučňáka jihoamerický **tučňák Humboldtův** *(Spheniscus Humboldti).*

Do nadřádu létavých dále patří řády:

◇ Řád: **Potáplice** *(Gaviiformes)*

U nás se vyskytují ojediněle na přeletech v zimním období. Např. **potáplice severní** *(Gavia arctica).*

◇ Řád: **Potápky** *(Podicipediformes)*

Ze tří u nás hnízdících druhů je největší velmi pohledný druh **potápka roháč** *(Podiceps cristatus)* s charakteristicky utvářeným peřím na temeni a po stranách hlavy. Obývá větší rybníky.

◇ Řád: **Trubkonosí** *(Procellariiformes)*

Tento řád zahrnuje druhy ptáků potravně vázané na moře, které jsou rozšířeny převážně na jižní polokouli. Jsou skvělými letci, dokonale využívajícími větrné proudy nad mořskými vlnami, *(tzv. dynamické plachtění).* Na zobáku, krytém rohovitými destičkami, který je na konci hákovitě zahnutý, mají trubicovitě protažené nozdry, jimiž citlivě vnímají proudění vzduchu. Ústí do nich i žlázy vylučující sůl. Kromě doby hnízdění žijí většinou na volném moří. Např. **albatros stěhovavý** *(Diomedea exulans)* dosahuje rozpětí křídel až 350 cm. Svá vejce klade na skalních římsách. Létá nad všemi moři, avšak hnízdí pouze na několika tichomořských ostrovech jižně od rovníku.

◇ Řád: **Veslonozí** *(Pelecaniformes)*

Velcí vodní ptáci s dobře vyvinutou kostrční žlázou a typickou veslovací nohou se všemi čtyřmi prsty směřujícími kupředu a propojenými plovací blánou. Všechny druhy jsou rybožravé. Kořisti se zmocňují buď potápěním *(kormoráni),* střemhlavým pádem do vody *(terejové)*, sbíráním z hladiny, příp. paraziticky od jiných ptáků *(fregatky)* nebo skupinovým zatlačováním ryb na mělčinu a sbíráním z vodní hladiny *(pelikáni).* Nejznámější představitel tohoto řádu **pelikán bílý** *(Pelecanus onocrotalus)* má prostorný hrdelní vak. Nejblíže hnízdí v rákosinách delty Dunaje. Ve střední Evropě v Podunají žije černý **kormorán velký** *(Phalacrocorax carbo).*

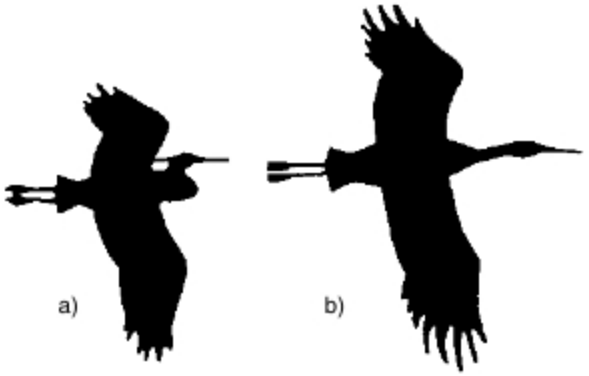
Kormorán velký

◇ Řád: **Brodiví** *(Ciconiiformes)*

Zpravidla velcí ptáci s dlouhým, přímým zobákem, dlouhým krkem a dlouhýma brodivýma nohama, které nejsou nad patním kloubem opeřené. Výrazně převažuje živočišná potrava, kterou získávají z vody nebo z bahna. Jsou skvělými letci, kteří s široce rozepjatými křídly využívají k plachtění vzdušných proudů, vznikajících oteplováním vzduchu nad pevninou, *(tzv. statické plachtění).*

Čáp bílý *(Ciconia ciconia)* hnízdí v blízkosti venkovských sídlišť *(dospělci mají zobák červený, mláďata černý).* V jeho potravě převládají žáby, drobní savci, hmyz a larvy bezobratlých. Podniká 11 000 kilometrů dlouhé tahy na zimoviště v jižní Africe. Z Evropy letí ve dvou proudech. Buď přes západní Evropu a Gibraltar, nebo Malou Asii a povodím Nilu. **Čáp černý** *(Ciconia nigra)* je druh lesní, který se živí převážně rybami. V zoologických zahradách můžeme vidět i mrchožravý druh **čáp marabu** *(Leptoptilos crumeniferus),* který pochází z tropické Afriky.

Čápům podobné jsou **volavky**. Na malé hlavě mají štíhlý klínovitý zobák a za letu esovitě prohnutý krk. Živí se rybami, jichž se zmocňují bleskurychlým harpunovitým pohybem. U nás nejběžnější **volavka popelavá** *(Ardea cinerea)* hnízdí v koloniích *(např. na lednických rybnících),* vzácně u nás přezimuje na řekách. V rákosových porostech žije skrytě **bukáček malý** *(Ixobrychus minutus),* příp. **bukač velký** *(Botaurus stellaris).* Nočním životem je pozoruhodný **kvakoš noční** *(Nycticorax nycticorax).*



Silueta letící volavky (a) **a čápa** (b)

Ibisové jsou ptáci střední velikosti. Jejich zobák je tenký a ohnutý *(nebo plochý a na konci lžícovitě rozšířený – kolpíci).* Živí se larvami a měkkýši z bahna. Hnízdí v koloniích a létají s nataženým krkem.

Staří Egypťané uctívali **ibisa posvátného** *(Threskiornis aethiopicus)*, jehož nacházíme i na vyobrazeních v hrobkách faraonů.

◇ Řád: **Plameňáci** *(Phoenicopteriformes)*

Mají od poloviny nápadně dolů zahnutý zobák s rohovitými ploškami po stranách. Potravu *(měkkýše, koryše, řasy)* filtrují z vody. V tropech a subtropech s výjimkou Austrálie žije v obrovských koloniích **plameňák růžový** *(Phoenicopterus ruber).*

◇ Řád: **Vrubozobí** *(Anseriformes)*

Převážně středně velcí vodní ptáci s dlouhým krkem, krátkým zobákem a nohama. Mají husté prachové peří a mimořádně vyvinutou kostrční žlázu.

Kachnovití mají zploštělý zobák s příčnými rohovitými vroubky na okraji a charakteristickým rohovitým „nehtem“ na jeho konci. S výjimkou Antarktidy žijí na celém světě. Husy a kachny jsou významnou lovnou pernatou zvěří. Některé druhy jsou chovány jako domácí ptáci a poskytují značný hospodářský užitek *(maso, tuk, prachové peří).* U mnoha plemen se uplatňuje velkovýrobní chov. Čeleď je dále členěna na podčeledi.

Kachny mají široký plochý zobák s citlivými tělísky a krátký ocas. Živí se procezováním bezobratlých z vody a bahna. Podle anatomické stavby a etologických projevů rozlišujeme kachny plovavé a potápivé. **Plovavé** kachny mají dlouhý krk a štíhlé tělo. Za potravou se nepotápějí, ale pouze ponořují hlavu a krk *(„staví vrbu“).* Po dosednutí na hladinu jsou ponořeny pouze mělce, přičemž ocas mají nad hladinou *(např. kachna divoká, lžičák, ostralka, kopřivka, čírky).* Kachny **potápivé** se za potravou potápějí do hloubky až 20 m. Mají krátký krk a zavalitější tělo, poměrně špatně chodí. Při dosednutí na hladinu mají hlubší ponor, přičemž ocas leží na hladině *(např. poláci, chocholačka, hohol, turpan, zrzohlávka rudozobá).* U nás je nejpočetnějším kachním druhem **kachna divoká** *(Anas platyrhynchos)* – „březňačka“ – s výrazným pohlavním dimorfismem. Je výchozím druhem domácích kachen.

Labutě jsou známy svou trvalou monogamií. U nás hnízdí **labuť velká** *(Cygnus olor).* Má dlouhý krk, který při plování drží v oblouku, a rozpětí křídel až 200 cm. Je celá bílá, má oranžový zobák a na čele u kořene zobáku černý hrbol. Její mláďata jsou zbarvena šedivě a v prvním roce mají černý, později šedorůžový zobák.V posledních letech přibývá na našich městských řekách hnízdních párů, které zde zimují. O něco menší je **labuť zpěvná** *(Cygnus cygnus)* se žlutým zobákem, bez hrbolu u jeho kořene. Krk nosí vztyčený přímo. V zoologických zahradách chovaná **labuť černá** *(Cygnus atratus)* pochází z Austrálie.

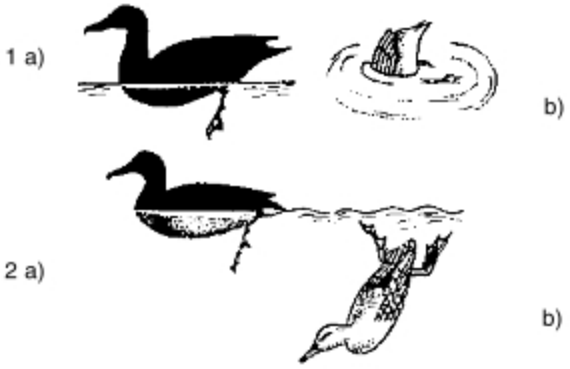
Husy *(patří rovněž do čeledi kachnovitých),* mají dlouhá křídla, krk i běhák. Jejich rejdovací pera tvoří zaoblený ocas. Zobák hus je rovný, sbíhavý, zakončený velkým světlejším rohovitým „nehtem“. Husy jsou býložravé a celoživotně monogamní. Na jarním i podzimním tahu letí v charakteristickém útvaru – klínu, zajišťujícím dobrý kontakt mezi jedinci a nejmenší námahu. Husy jsou velmi učenlivé. *(Jejich etologie byla předmětem celoživotního vědeckého zájmu rakouského vědce Konrada Lorenze, který za svůj přínos vědě obdržel v roce 1973 Nobelovu cenu. Z našich odborníků se studiem etologie hus zabýval dlouholetý ředitel pražské zoo prof. dr. Zdeněk Veselovský.)*

Jako zimní hosté se u nás občas objevují rybožraví **morčáci**.

Při pobřeží Severního ledového oceánu žije **kajka mořská** *(Somateria mollissima).* Má ze všech ptačích druhů nejhodnotnější prachové peří.

◇ Řád: **Dravci** *(Falconiformes)*

Ptáci s typicky silným, zahnutým zobákem se silnější horní čelistí, která přesahuje čelist dolní, s běháky, jejichž silné prsty mají srpovitě zahnuté drápy *(tzv. „spáry“).* Jednotlivé druhy dravců jsou různě velké. Všechny jsou vynikajícími letci a mají



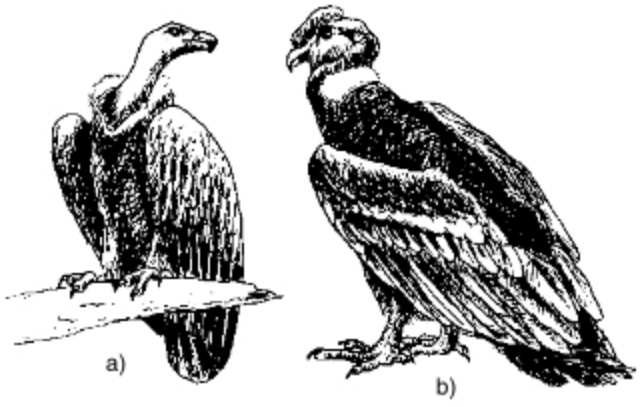
Srovnání kachen plovavých (1) **a potápivých** (2)
(silueta na hladině a způsob lovu)

„Berlička“ pro dravce v otevřené krajině

mimořádně bystrý zrak. Všechny druhy jsou masožravé. Svou kořist trhají a polykají s chlupy, peřím i kostmi. Nestravitelné části potravy po čase vyvrhují. Hnízdí zpravidla na vyvýšených místech, jednotlivě. Jejich mláďata jsou krmivá, pečují o ně oba rodiče. Samice bývají mohutnější.

Kondoři jsou mrchožraví ptáci, ekologicky zastupující na západní polokouli supy. Mají krátké nohy s tupými drápy a velmi dobrý čich. Hlavu a krk mají lysé. Jsou vynikajícími plachtaři *(tzv. statické plachtění, využívající vzdušné proudění).* Létají ve výškách až 5000 m. Největším dravcem vůbec *(rozpětí křídel až 350 cm)* je **kondor velký** *(Vultur gryphus),* hnízdící v Andách.

V Africe žije stepní dravec s nápadně dlouhýma nohama a krátkými křídly **hadilov písař** *(Sagittarius serpentarius).* Živí se plazy, které ubíjí údery nohou a zobákem.



Dravci
a) sup bělohlavý, b) kondor

Krahujcovití mají zobák s elipsovitými nozdrami. **Krahujec obecný** *(Accipiter nisus)* má krátká křídla a poměrně krátký ocas. Žije v lesních porostech, kde rychlým, obratným letem loví ptáky. Poněkud větší je u nás již vzácněji hnízdící **jestřáb lesní** *(Accipiter gentilis).* Naším hojným dravcem je hnědě zbarvená **káně lesní** *(Buteo buteo).* Lovem drobných hlodavců významně přispívá k ekologické rovnováze krajiny. Je ohrožena používáním chemikálií v zemědělské výrobě, které poškozují činnost jejích vaječníků. Snášená vejce pak mají slabou skořápku a při sezení jsou rozmáčknuta. V zimě k nám zalétá skandinávský tundrový druh **káně rousná** *(Buteo lagopus)* s nohama až po spáry opeřenýma. Za soumraku je aktivní v rákosinách hnízdící **moták pochop** *(Circus aeruginosus).*

Jediným tažným druhem mezi našimi dravci je **luňák hnědý** *(Milvus migrans).* Má vykrojený ocas a je i mrchožravý.

Orli jsou v povědomí lidí symbolem síly a svobody. *Jsou součástí státních znaků řady zemí, např. Polska, Rakouska, Ruska, Německa.* Ve skalnatém terénu Alp a Karpat hnízdí **orel skalní** *(Aquila chrysaetos),* na Třeboňsku hnízdí **orel mořský** *(Haliaeetus albicilla).*

Siluety letících dravců proti obloze
a) orel skalní, b) káně lesní, c) sokol stěhovavý, d) poštolka obecná

Sup bělohlavý *(Gyps fulvus)* je mrchožravý druh, žijící od Středomoří po Indii.

Sokolovití dravci *(Falconidae)* mají zobák s kruhovitými nozdrami a ostrým zoubkem – zejkem, po stranách hlavy mají tmavší skvrny – „vous". Na pokraji vyhynutí je u nás dříve hojný **sokol stěhovavý** *(Falco peregrinus).* Důvodem jeho početně nízkých stavů je úbytek vhodných biotopů pro úspěšné vyhnízdění a již výše zmíněná devastace životního prostředí pesticidy. Sokol má podobně jako o něco menší **ostříž lesní** *(Falco subbuteo)* dlouhá hrotitá křídla, umožňující rychlý, prudký let, při němž loví svou kořist.

Naším zcela nejhojnějším dravcem je **poštolka obecná** *(Falco tinnunculus).* V otevřené krajině je významným ekologickým regulátorem početnosti hrabošů a myší, jež loví střemhlavým pádem. V terénu ji poznáme snadno podle třepetavého letu na místě. V posledních desetiletích populace poštolek výrazně vzrůstá zejména ve městech, kde je poznáme i podle charakteristického hlasového projevu.

◇ Řád: **Hrabaví** *(Galliformes)*

Nohy všech druhů hrabavých mají tupé a široké drápy. Samci na nich mívají rohovité ostruhy. Křídla mají krátká, zaoblená, let je prudký, těžký. Živí se převážně semeny, neplavou, nekoupou se, nýbrž se popelí. Samci bývají pestře zbarveni, příp. mají masité výrůstky *(hřebeny, laloky)* nebo delší ocasní pera. Většinou jsou polygamní, žijí v hejnech. Do hnízda na zemi snášejí větší počet vajec. Jejich mláďata jsou nekrmivá. Hnízdní péči obstarávají samice. Patří sem nejvýznamnější zdomácnělé ptačí druhy.

Tetřevovití žijí v lesích a tundrách Eurasie a Ameriky, ve střední Evropě však již velmi vzácně. Běháky mají opeřeny až k prstům: žijí samostatně, mají zajímavé tokání. Všechny druhy jsou ohroženy činností člověka *(intenzivní lesní hospo-*

daření, přebujelá turistika). Např. **tetřev hlušec** *(Tetrao urogallus),* **tetřívek obecný** *(Lyrurus tetrix)* a **jeřábek lesní** *(Bonasa bonasia).* U nás hnízdí na Šumavě. **Bělokur rousný** *(Lagopus lagopus)* je rozšířen v polární tundře a v Alpách.

Bažantovití jsou v naší fauně zastoupeni druhem **bažant obecný** *(Phasianus colchicus).* Donedávna nejběžnější polní pernatou lovnou zvěří byla **koroptev polní** *(Perdix perdix).* Samec má na prsou podkovovitou skvrnu. Stavy koroptví výrazně poklesly následkem zemědělské velkovýroby. Nejmenším druhem hrabavých je okrově zbarvená **křepelka obecná** *(Coturnix coturnix).* Je tažná.

Kur bankivský *(Gallus gallus)* pochází z indomalajské oblasti. Z tohoto druhu byla odchována plemena kura domácího, známá svou mimořádnou užitkovostí.

V Indii žije divoce **páv korunkatý** *(Pavo cristatus)* s „korunkou" na hlavě a dlouhými ozdobnými pery kryjícími svrchu krátká jednobarevná pera ocasní.

Perličkovití žijí v hejnech v savanách jižní Afriky a na Madagaskaru. Tmavošedý druh s bílými skvrnami **perlička kropenatá** *(Numida meleagris)* byla domestikována.

Krocani mají lysou hlavu a krk s kožními bradavicemi a laloky. Při tokání charakteristicky rozevírají rejdovací pera a mají typický hlasový projev „hudrování". Původně středoamerický divoký druh **krocan divoký** *(Meleagris gallopavo)* byl úspěšně domestikován.

◇ Řád: **Krátkokřídlí** *(Gruiformes)*

Hnízdí na zemi nebo v rákosí, mláďata zpravidla nekrmí. Patří sem hodně druhů nelétavých, z nichž mnohým hrozí vyhubení.

Dropovití jsou stepní ptáci zemitého zbarvení. Jejich hlavním pohybem je rychlý běh. Jsou polygamní. V maďarské pustě je běžný **drop velký** *(Otis tarda).*

Jeřábovití *(známí svým ritualizovaným tokem)* jsou nádherní ptáci s dlouhým krkem a nohama a s velkými křídly. Létají jako čápi, avšak nesedají na stromy. Žijí v bažinatých oblastech severu Eurasie.

Chřástalovití jsou ptáci střední až menší velikosti, s bočně zploštělým tělem, uzpůsobeným k pohybu v břehové vegetaci sladkovodních nádrží. V rákosových a ostřicových porostech je hojně rozšířeným druhem **chřástal vodní** *(Rallus aquaticus).* Zarostlé břehy rybníků a zátoky obývá **slípka zelenonohá** *(Gallinula chloropus)* s mimořádně prodlouženými prsty bez plovací blány. Na volné vodní hladině i přes den je **lyska černá** *(Fulica atra)* s nápadnou bílou rohovitou lysinou a s prsty lemovanými plovací blánou. Při plování kývavě pohybuje hlavou.

◇ Řád: **Dlouhokřídlí** *(Charadriiformes)*

Ptačí druhy s poměrně velkou kulovitou hlavou na krátkém krku. Dobře létají. Obývají mokřady. Např. **kulík říční** *(Charadrius dubius)* hnízdí na pískovitých a štěrkovitých březích vod, kde pobíhá a sbírá drobné členovce a měkkýše. **Čejka chocholatá** *(Vanellus vanellus)* hnízdí na vlhkých loukách.

Slukovití mají vysoce klenutou hlavu a dlouhý zobák, jímž vytahují z vlhké půdy larvy. Koncem března k nám přilétá **sluka lesní** *(Scolapax rusticola).* Na podmáčených lukách v jižních Čechách žije příbuzná **bekasína otavní** *(Capella gallinago).*

Rackové jsou vodní ptáci s plovacíma nohama a dlouhými úzkými křídly. Skvěle plachtí. Hnízdí v koloniích. Např. **racek chechtavý** *(Larus ridibundus)* a **rybák obecný** *(Sterna hirundo).*

Rackům se vzhledově podobají **chaluhy**. Jsou však zbarvené tmavě. Živí se loupením kořisti jiných ptáků, jejich vajec a mláďat. Např. **chaluha přívivná** *(Stercorarius parasiticus).*

Alky mají krátká křídla, vřetenovité tělo, silný zobák a nohy posunuté dozadu. Za potravou se potápějí. Žijí v koloniích na skalních útesech. Nejběžnější je **alka malá** *(Alca torda).*

◇ Řád: **Měkkozobí** *(Columbiformes)*

Ptáci střední velikosti se slabým zobákem a měkkým ozobím *(pijí sáním).*

Kromě *holubovitých* sem patří v 17. století vyhubení *drontové.* **Dronte mauricijský** *(Raphus cucullatus)* žil na Mauritiu a Maskarenách. Je znám starším jménem jako „blboun nejapný".

Holubovití jsou ptáci původně skalní, později stromoví. S oblibou však hnízdí v blízkosti lidských sídlišť. Výchozím druhem pro současná domácí plemena holubů je **holub skalní** *(Columba livia),* který pochází ze Středomoří. V lesních hvozdech žije **holub doupňák** *(Columba oenas).* Běžnějším lesním druhem je **holub hřivnáč** *(Columba palumbus),* který má na krku bílé skvrny. V otevřené krajině hnízdí skořicově hnědá **hrdlička divoká** *(Streptopelia turtur).* V posledním půlstoletí zaznamenala mimořádnou expanzi na sever **hrdlička zahradní** *(Streptopelia decaocto),* která se z oblasti svého původního výskytu na Balkáně rozšířila po celé střední Evropě a dnes je běžná i ve Skandinávii.

◇ Řád: **Kukačky** *(Cuculiformes)*

Stromoví ptáci s dlouhými křídly a ocasem, nohama s vratiprstem a zobákem bez ozobí. Mají krmivá mláďata. Jsou hmyzožraví a netvoří páry. Na našem území je hojná **kukačka obecná** *(Cuculus canorus),* známá svým hnízdním parazitismem.

◇ Řád: **Papoušci** *(Psittaciformes)*

Pozoruhodná skupina stromových, pestře vybarvených ptáků s ostatními řády nepříbuzná. Obývají zejména tropy a subtropy. Mají silný zobák a hákovitě zahnutou a s mozkovnou pohyblivě spojenou horní čelist. Obratně šplhají, přičemž si pomáhají i zobákem. V ptačí říši mají nejdokonaleji vyvinutý koncový mozek. U nás nejčastěji chovaným druhem je **andulka vlnkovaná** *(Melopsittacus undulatus).*

◇ Řád: **Sovy** *(Strigiformes)*

Sovy jsou známy svým nočním životem. Mají řadu znaků, podobných dravcům, příbuzní však s nimi nejsou *(jde o konvergentní vývoj).* Mají zavalité tělo, kryté hustým hebkým opeřením. Při neslyšném letu se řídí sluchem. Velké oči sov, s charakteristicky vějířovitě uspořádaným peřím *(„závoj")*, směřují dopředu. Spáry mají dlouhé drápy a vratiprst. Sovy jsou ptáci dutinoví, s krmivými mláďaty, o něž pečují oba rodiče *(nemají vyvinuto vole).* Potravní specializací na drobné hlodavce významně přispívají k ekologické rovnováze v krajině. Nestrávené zbytky potravy vyvrhují v druhově charakteristických vývržcích. Jsou u nás chráněny zákonem např. **puštík obecný** *(Strix aluco),* **kalous ušatý** *(Asio otus),* **výr velký** *(Bubo bubo),* **sova pálená** *(Tyto alba),* **sýček obecný** *(Athene noctua).* Od starověku je považován za symbol moudrosti *(„Athenina sova").*

◇ Řád: **Lelkové** *(Caprimulgiformes)*

Noční ptáci s měkkým opeřením, plochým trojúhelníkovým zobákem, tuhými brvami a slabýma krátkýma nohama. Jsou hmyzožraví, potravu získávají v letu. Mláďata jsou krmena oběma rodiči. Jediným zástupcem tohoto řádu v naší fauně je **lelek lesní** *(Caprimulgus europaeus).* Pozoruhodní jsou svým podélným seděním na větvi *(str. 218).*

◇ Řád: **Svišťouni** *(Apodiformes)*

Skvělí letci s dlouhými ručními letkami. Mají mohutně vyvinutou létací svalovinu a slabounké krátké nohy se všemi prsty obrácenými kupředu *(nemohou chodit po zemi).* Za letu chytají potravu a sbírají i materiál na stavbu hnízda. Raritou v ptačí říši je i u nás hnízdící **rorýs obecný** *(Apus apus).* Většinu času se zdržuje ve vzduchu. Za letu v hejnech ve velkých výškách dokonce i spí *(mikrospánek, str. 224).* Na zimoviště v tropické Africe odlétá již v prvním srpnovém týdnu. Drobní **kolibříci** *(Trochilidae)* žijí v tropické a subtropické Americe. *(Mají krátká křídla a prsty 3 + 1.)* Tito nejmenší ptáci mají schopnost vířivého letu na místě i do všech směrů. Živí se nektarem, pylem i drobným hmyzem ve květech. Opylují řadu tropických druhů orchidejí.

◇ Řád: **Srostloprstí** *(Coraciiformes)*

Mívají ostrohranný a hluboce rozeklaný zobák a obvykle i pestré opeření. Jejich prsty jsou při kořeni částečně srostlé. Živí se hmyzem a drobnými obratlovci, na které útočí ze zálohy. Hnízdí v dutinách, mláďata jsou krmena oběma rodiči. Nejznámější z nich je **ledňáček říční** *(Alcedo atthis).* Ledňáček je stálý, ostatní druhy *(mandelík hajní, vlha pestrá a dudek chocholatý)* jsou tažné.

◇ Řád: **Šplhavci** *(Piciformes)*

Lesní ptáci s tuhým opeřením, zpravidla silným, dlátovitým zobákem a vymrštitelným jazykem. Mají šplhavou nohu *(2 + 2)* a drápy, umožňujícími uchycení na kmeni stromu. Za opory klínovitého ocasu šplhají hbitě po kmenech a větvích. Živí se dřevokazným hmyzem, který vybírají drsným a lepkavým jazykem, napojeným na složitý jazylkový aparát. Hnízdí ve stromových dutinách, které si sami vytesávají. V řídkých lesích je častá **žluna zelená** *(Picus viridis)* s červenou skvrnou na temeni hlavy. S oblibou rozhrabává mraveniště, v nichž však nehledá potravu, ale „popelí se". Podrážděním mravenci vstřikují do jejího peří kyselinu mravenčí, která ochrnuje v jejím opeření cizopasící roztoče, kteří odpadávají. V lesích všech typů hnízdí černobíle skvrnitý **strakapoud velký** *(Dendrocopos major),* který má rovněž červenou skvrnu na hlavě. Náš největší šplhavec **datel černý** *(Dryocopus martius)* je ekologicky vázán výhradně na jehličnaté lesy.

◇ Řád: **Pěvci** *(Passeriformes)*

Jsou zpravidla malí až středně velcí ptáci. Mají tenké nohy se třemi prsty obrácenými dopředu a jedním dozadu. Jsou krmiví a mají zpravidla dokonale vyvinuto zpěvné ústrojí. Představují více než polovinu žijících ptačích druhů *(5100).* Uvedeme si pouze zástupce nejvýznamnějších čeledí:

Skřivanovití jsou hnědě zbarvení, na zemi hnízdící stepní pěvci, obývající celý svět s výjimkou Austrálie.

Konipasovití jsou štíhlí hmyzožraví ptáci se šídlovitým zobákem. Jsou rozšířeni po celém světě. Svým dlouhým tenkým ocasem při dosednutí kývavým pohybem vyrovnávají těžiště *(lidově se jim říká „třasořitky").*

Sýkorovití jsou mimořádně pohybliví, hmyzožraví stromoví pěvci, hnízdící v dutinách. Obývají celý svět kromě Austrálie a části Jižní Ameriky. Jsou rozhodujícími přirozenými regulátory hustoty hmyzích škůdců.

Brhlíkovití. Jediným u nás hnízdícím zástupcem je **brhlík lesní** *(Sitta europaea).* Pohybují se spirálovitě hlavou dolů od koruny ke kořeni stromu.

Pěnkavovití jsou stromoví zrnožraví pěvci s krátkým a poměrně silným zobáčkem. Nežijí v Austrálii.

Snovačovití jsou rozšířeni kosmopolitně. Živí se semeny, stavějí vakovitá hnízda a žijí často pospolitě.

V naší fauně je nejběžnějším ptákem lidských sídlišť **vrabec domácí** *(Passer domesticus)*. **Vrabec polní** *(Passer montanus)* se od něj liší černou skvrnou na tváři.

Žluvovití jsou běžní v tropech. V našich listnatých lesích hnízdí **žluva hajní** *(Oriolus oriolus)*.

Špačkovití jsou v Evropě běžní. **Špaček obecný** *(Sturnus vulgaris)* hnízdí v dutinách *(při současném nedostatku doupných stromů v budkách)*.

Krkavcovití jsou největší pěvci s vyspělým chováním. Jsou všežraví a obývají celý svět. **Vrána obecná** *(Corvus corone)* má na našem území dva barevně odlišené poddruhy. Hranici mezi nimi tvoří zhruba tok řeky Vltavy. Východněji je rozšířen poddruh vrána obecná šedá *(„šedivky“)*, v západních Čechách vrána obecná černá. Oba poddruhy vznikly oddělením východní a západní populace vran ledovci v Evropě v dobách ledových. **Havran polní** *(Corvus frugilegus)* hnízdí v koloniích. Je černý, kovově lesklý. U kořene zobáku má zřetelně viditelné šedé ozobí, jímž se odlišuje od vran. Okraje lesů a háje obývá **straka obecná** *(Pica pica)*. **Sojka obecná** *(Garrulus glandarius)* je šedohnědá, s typickým modrým „sojčím pírkem“ v zrcadélku křídel. Je známa svým pronikavým varovným křikem.

Nejmenším krkavcovitým ptákem je snadno ochočitelná **kavka obecná** *(Corvus monedula)*.

Ťuhýkovití jsou statní ptáci, živící se hmyzem a drobnými obratlovci. Mají rovný, na konci ostře zahnutý zobák se zejkem. Nežijí v Austrálii; jsou běžní v tropech. U nás hnízdí **ťuhýk obecný** *(Lanius collurio)* a **ťuhýk šedý** *(Lanius excubitor)*.

Vlaštovkovití jsou vynikající letci, rozšíření na celém světě. Mají dlouhá křídla a vykrojený ocas. Stavějí hnízda z hlíny a slin. Všechny druhy se živí hmyzem, který loví v letu. **Vlaštovka obecná** *(Hirundo rustica)* je skoro černá, s rezavou skvrnou pod zobákem a žlutobílou náprsenkou a bříškem. Staví miskovitá hnízda uvnitř budov *(ve chlévech, na chodbách atp.)*. **Jiřička obecná** *(Delichon urbica)* je svrchu černá, s bílým kostřecem, bílým bříškem a mírně vykrojeným ocasem. Na zdech staví uzavřená hnízda s kruhovým vletovým otvorem. Ve stěnách pískoven a hlinišť hnízdí v rukávovitých norách šedohnědá **břehule říční** *(Riparia riparia)*.

Lejskovití jsou stromoví ptáci. Loví hmyz krátkými lety z pozorovacího stanoviště. Např. **L. bělokrký** *(Ficedula albicollis)*.

Skorcovití mají husté opeření a silné nohy. Na březích potoků žije hnědě zbarvený **skorec vodní** *(Cinclus cinclus)* velikosti kosa. Má bílou náprsenku a krátký ocas. Za potravou, kterou sbírá na dně potoků, se potápí.

Střízlíkovití jsou drobní hmyzožraví ptáci, žijící v křovinatém patru lesa.

Drozdovití jsou středně velcí stromoví pěvci. **Kos černý** *(Turdus merula)* má žlutooranžový zobák *(samec)*. Samice je hnědá. Menší a štíhlejší je příbuzný **drozd zpěvný** *(Turdus philomelos)*. **Rehek domácí** *(Phoenicurus ochruros)* hnízdí v polodutinách v blízkosti lidských obydlí. K nejlepším pěvcům patří vcelku nenápadný **slavík obecný** *(Luscinia megarhynchos)*, hnízdící u nás poměrně hojně v lužních lesích jižní Moravy.

Strnadovití jsou zrnožraví ptáci žijící v otevřené krajině.

Pěnicovití jsou většinou drobní, tažní ptáci, hnízdící v křovinách nebo rákosí.

EKOLOGIE A ETOLOGIE PTÁKŮ

Životní projevy ptáků jsou z valné části instinktivní.

1. **Přijímání potravy:** Různé čeledi zrnožravých ptáků mají odlišný způsob otvírání semen. Zatímco pěnkavovití rozříznou obal semene střihavými pohyby zobáku, pak snovačovití jej drtí protisměrným tlakem čelistí. Dravci zabíjejí kořist zobákem a odlétají s ní vždy ve spárech. Naproti tomu sovy zabíjejí kořist nohama *(stiskem prstů)* a odlétají s ní v zobáku.

2. **Teritorialita:** Ptačí druhy hájí svá hnízdní teritoria vůči jiným příslušníkům vlastního druhu *(hlasově, imponujícími postoji)*. Ptačí druhy, které si opatřují potravu mimo hnízdiště, hnízdní teritorium nevytvářejí. Mají však svá potravní teritoria, která hájí i mimo dobu hnízdění *(dravci, skorec)*. Ptačí druhy hnízdící v koloniích mají hnízdní teritorium zmenšeno na bezprostřední okolí hnízda *(rackové, volavky, pelikáni)*.

3. **Hnízdění:** V souvislosti s náročnou péčí o vejce a mláďata je u ptáků velmi častá monogamní párová vazba partnerů, která se vytváří nejméně na jedno hnízdní období. Některé druhy ptáků budují pro každé hnízdění nové hnízdo *(rákosník, kos, pěnkava, pěnice)*. Druhy s hnízdy trvanlivými *(čáp, orel, vlaštovka, břehule)* využívají téhož hnízda i po více let. Místo volí buď samice *(kurovití)*, samec *(špaček, vrabec)*, příp. oba partneři společně *(holubi, havrani)*. Umístění hnízda, volba materiálu a způsob stavby jsou dány dědičně a jsou součástí hnízdního instinktu. Podíl partnerů na stavbě hnízda bývá různý.

Hnízda budují ve větvích stromů *(většina pěvců)*, ve stromových dutinách, které jen obsazují *(sýkorky)* nebo aktivně dlabají *(datlovití)*, v norách, budovaných v písečných svazích *(břehule)*, v křoví *(kosi)*, v trnitých křovinách *(ťuhýk)*, v bylinné vegetaci *(koroptve)*, na stéblech rákosí *(rákosník)*, na hromadách rákosí *(kachny)*, na zemi *(skřivan)*, na budovách *(jiřička)*. Tučňák císařský podstavuje pod jediné vejce své nohy a zahřívá ho i za chůze v břišním kožním záhybu.

Mláďata ptáků mohou být **krmivá** *(nidikolní, např. pěvci)* nebo **nekrmivá** *(nidifugní, např. kachny nebo kurovití).* Významná je péče o hygienu hnízda. Mláďata druhů, které mají tekutý trus, vystrkují instinktivně řitní otvor přes okraj hnízda *(volavky, dravci, sovy).* Mláďata pěvců kálejí instinktivně jen za přítomnosti rodičů, kteří jejich trus vzápětí buď sežerou, nebo pohodí mimo hnízdo.

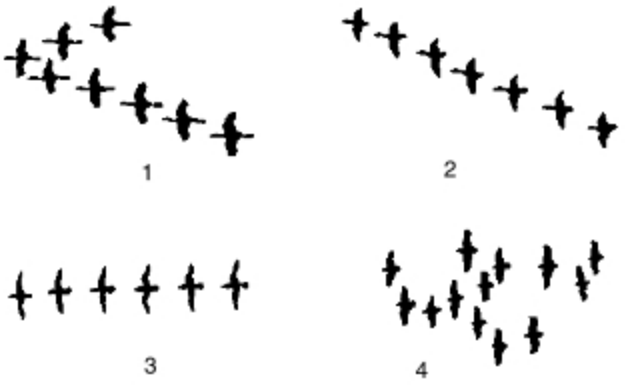
Loudění mláďat pěvců vyvolává u rodičů odpověď v krmení

Zcela zvláštní adaptací je přenesení péče o potomstvo na jiný ptačí druh – tzv. **hnízdní parazitismus**. Např. *kukačky* vejce kladou do hnízd určitého okruhu hostitelů. Důsledkem přírodního výběru je přizpůsobení zbarvení vejcům hostitelského druhu a synchronizace kladení s jeho kladením. Samice kukačky obecné obvykle z hnízda odstraní jedno až dvě vejce hostitele, sama však snese pouze jediné. Parazitující mládě vyhazuje instinktivně vejce i mláďata hostitelského páru.

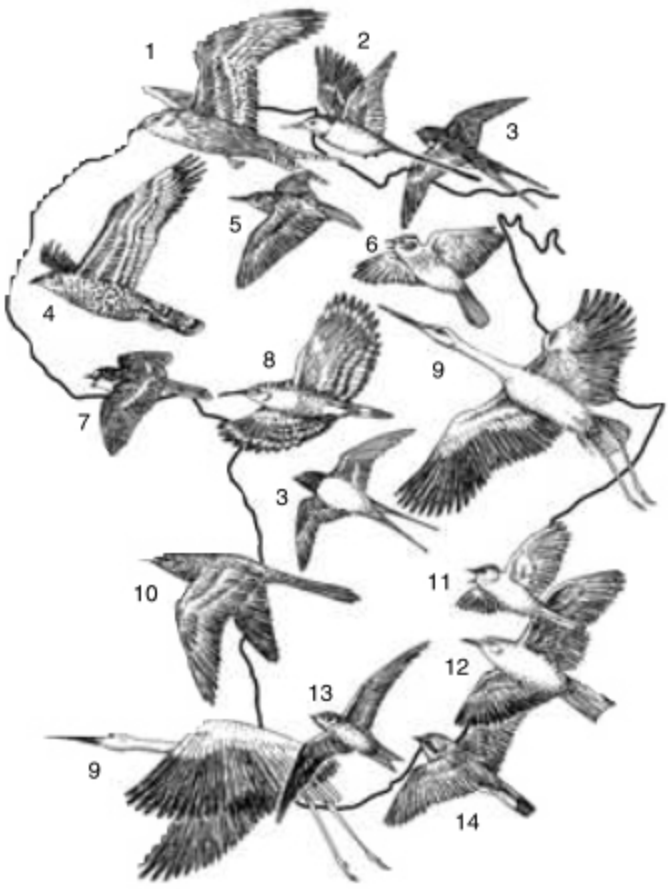
4. **Dorozumívání ptáků**. Ptáci mají mimořádně rozvinutou schopnost komunikace a signalizace, která bývá jednak optická, jednak akustická. Opticky komunikují čepýřením peří, způsobem chůze nebo letu, roztahováním křídel. Výstražným signálem je zdvižení hlavy a ocasu bažanta. Nejznámějším hlasovým projevem ptáků je zpěv samce, signalizující samici, že v obsazeném teritoriu je sameček připravený k hnízdění *(současně varuje ostatní samečky vlastního druhu, aby do teritoria nevstupovali).*

5. **Orientace v prostoru** je další pozoruhodná schopnost ptáků. Uplatňují ji zejména na tazích *(člověk této schopnosti využívá např. u poštovních holubů).* Odborníci u holubů rozlišují **„směrový smysl“** *(schopnost odhadnout základní směr letu),* **navigační smysl**, jímž provádí korektury směru a **optickou orientaci**, založenou na zrakové paměti. Např. špačkové se orientují podle slunce *(při oblačnosti orientaci ztrácejí).* Ptačí druhy táhnoucí v noci se orientují podle hvězd. Rackové využívají k orientaci silokřivky magnetického pole.

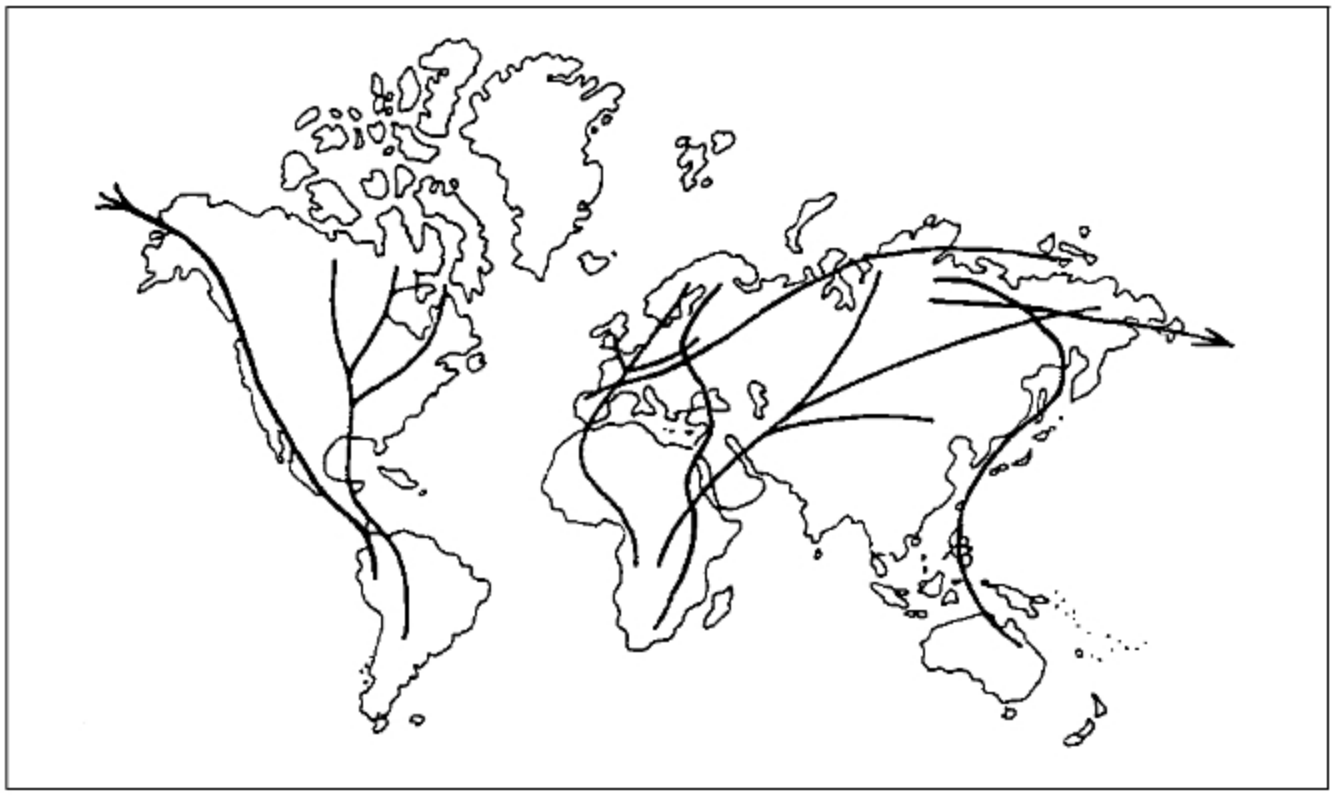
6. **Chování ptáků** je podřízeno rytmům aktivity podle roční doby *(hnízdění, tah).* Většina ptačích druhů je aktivní ve dne a v noci spí. Za šera nebo v noci zpívá slavík, drozd, lelek, houkáním se ozývají sovy. Nejčilejší potravní aktivitu mají ráno a odpoledne. Krmí-li však mláďata, pak shánějí potravu celý den. Velký význam má u ptáků vtiskávání *(vnímají hlas rodiče ještě před vyklubáním z vejce).*



Letové formace ptačích druhů na tahu
1 – jeřábi, 2 – kachny, 3 – rackové, 4 – havrani



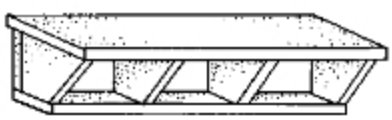
Zimoviště některých našich druhů v Africe
1 – luňák červený, 2 – konipas bílý, 3 – vlaštovka obecná, 4 – včelojed lesní, 5 – špaček obecný, 6 – skřivan polní, 7 – lejsek černohlavý, 8 – dudek chocholatý, 9 – čáp bílý, 10 – kukačka obecná, 11 – pěnice černohlavá, 12 – mandelík hajní, 13 – rorýs obecný, 14 – ťuhýk obecný



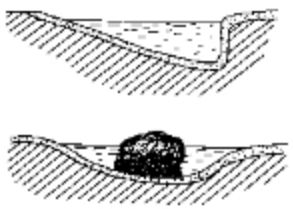
Hlavní směry ptačích tahů

PÉČE O PTACTVO V DOBĚ HNÍZDĚNÍ

Ptactvo můžeme účinně chránit výsadbou rozptýlené zeleně na stráních, mezích, v břehových porostech atp. V hlozích, trnkách, příp. v růži šípkové hnízdí s oblibou ťuhýci a pěnice. Pro ptáky v lesích čistíme studánky a v parcích zhotovíme napajedla. Vlaštovkám můžeme přibít na stěnu chléva asi 10 cm pod strop prkénko 15 × 15 cm *(s dvoucentimetrovou okrajovou lištou)*. Můžeme tak vlaštovky ovlivnit při volbě místa pro vybudování hnízda na pro nás nejvhodnějším místě. Jiřičky hnízdívají ve více párech vedle sebe. Umísťujeme jim tedy na vnější stěny budov polobedničky s výklenky. V suchých letech uvítají při stavbě hnízda bahnitou kaluž, z níž odebírají materiál pro stavbu hnízda.

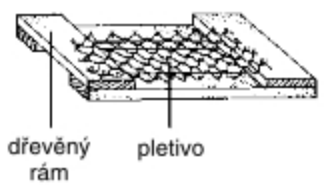


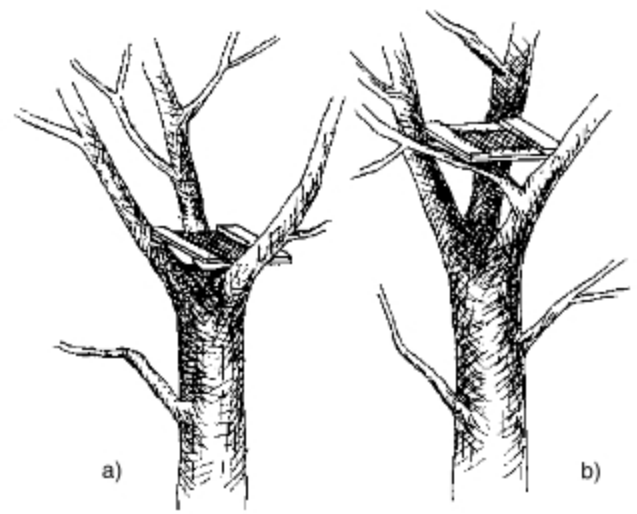
Polobedničky a výklenky pro jiřičky



Umělá napajedla

Pro dravce můžeme umístit do koruny starých stromů dřevěný rám 50 × 50 cm pobitý pletivem *(hromádkou klestí imitujeme rozestavěné hnízdo)*. Podobné podložky nebo kolo můžeme dát na nepoužívaný komín nebo do seřezané koruny starého stromu. Takových „polotovarů“ s oblibou využívají k hnízdění čápi.





Podložka a její umístění dravců (a) **a čápů** (b)

Řada ptačích druhů, které jsou významnými přirozenými regulátory počtu škodlivého hmyzu, příp. hlodavců, hnízdí v dutinách *(např. sýkory, brhlík, rehek, šoupálek,... ale i puštík, poštolka, příp. ze savců i netopýři)*. Protože se vlivem intenzity lidských aktivit v přírodě a změnou používaných stavebních materiálů přirozené dutiny již téměř nevyskytují, můžeme k jejich rozšíření v krajině významně přispět zhotovením a vyvěšením budek. Ty také slouží ptačím druhům, které na zimu neodlétají, i jako úkryt před mrazivými větry a k nocování.

Univerzální sýkorník: K zhotovení budky jsou vhodná vyschlá neohoblovaná prkénka o síle 15 až 25 mm a nejmenší šířce 160 mm. Před stlučením je můžeme natřít fermeží nebo tmavou olejovou barvou *(ochrana před provlhnutím a prodloužení životnosti)*. Používáme hřebíky o dvojnásobné délce, než je síla stloukaných prkének. Ke kmeni stromu budku připevníme asi půlmetrovým závěsným prkénkem o šířce asi 5 cm se dvěma vyvrtanými otvory, jimiž protáhneme asi 2mm izolovaný drát. Přidrátování umožní budku kdykoli sejmout a opravit, vyčistit nebo přemístit. Je vhodné prkénko od kmene odsadit kovovou podložku *(např. „pivními víčky")*, aby nepřebíralo jeho vlhkost. Jako první přitlučeme zadní stěnu k závěsnému prkénku. Dno zásadně vsazujeme a boční stěny přitloukáme vně. Stříška by měla být snímatelná, měla by přesahovat půdorys budky vpředu asi o 8 cm a po stranách asi o 5 cm. Navíc by měla být pokryta impregnovanou lepenkou. Univerzální velikost vletového otvoru pro sýkory je kruh o průměru 30 mm *(pro lejsky oválný otvor 28 × 35 cm)*. Dolní okraj otvoru by měl být 18 cm ode dna. Budka nesmí mít bidýlko *(usnadnilo by přístup např. slídící kočce)*. Vnitřní výška budky by měla být asi 25 cm.

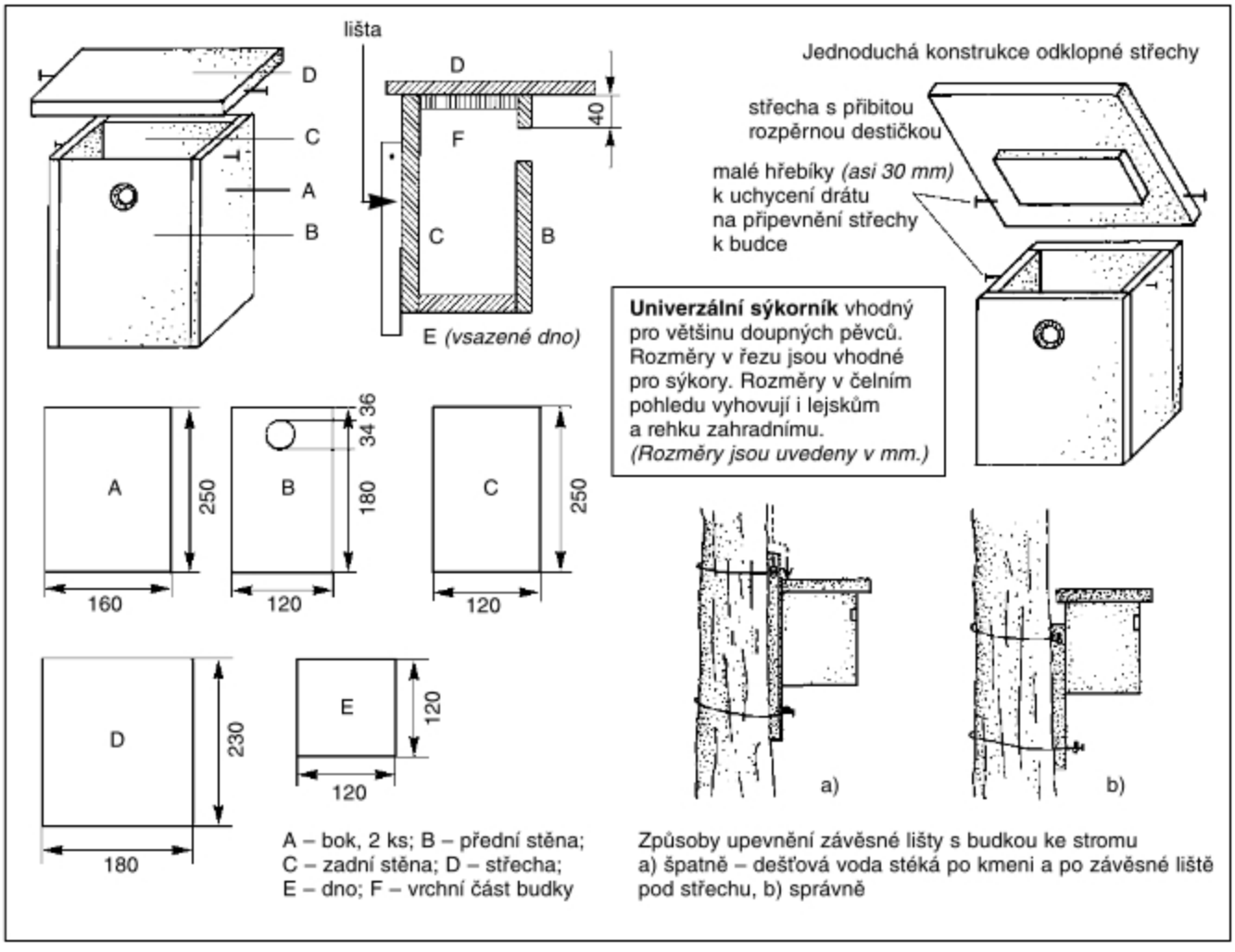


Schéma univerzálního sýkorníku

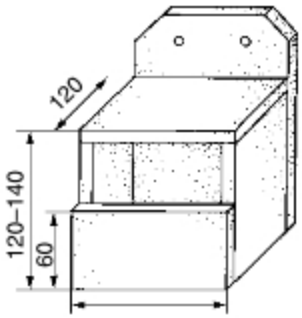
Pro **vyvěšení budky** je nejvhodnější září, kdy jsou stromy ještě olistěné. Můžeme tak zvolit pro její umístění polostín. Během zimy budka „vyčichne" a splyne s okolím. Volíme stromy starší *(o průměru kmene nejméně 10 cm)*, nikdy ne v souvislém porostu, ale na jeho okraji. Umísťujeme je na vzdálenost 30 m od sebe *(viz etologie: hnízdní okrsek, potravní teritorium)* a ve výšce asi 3 m *(relativně malé nebezpečí úrazu při dostupnosti pro kontrolu, opravu nebo čištění)*. Optimální směr vletového otvoru je jihovýchodní. **Koncem léta** je nutno **zkontrolovat** budku: odstranit starý hnízdní materiál, nevylíhlá vajíčka, uhynulá mláďata, příp. i provést nezbytné opravy.

Zhotovíme-li více budek, měli bychom je mít očíslované a měli bychom o nich **vést evidenci**. Každá by měla mít v sešitu stránku pro záznamy *(datum vyvěšení, výška, druh stromu, kontroly, opravy, záznam o obsazení budky – druh, počet vyvedených mláďat atd.)*. V době hnízdění provádíme **pozorování** dalekohledem. V odborné ornitologické literatuře jsou náměty pro náročnější pozorování, která obohatí naše znalosti a prohloubí náš vztah k přírodě.

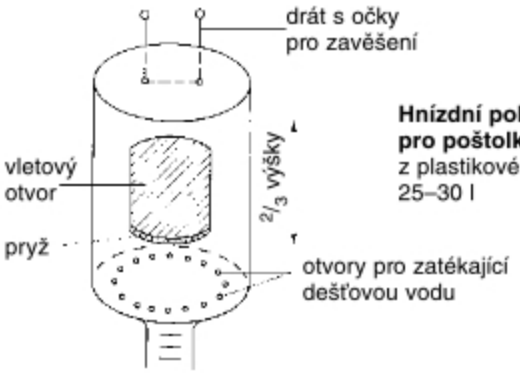
Rehkovník: Rehek domácí hnízdí v polodutinách. Budky mu umísťujeme pod střechy na stěny budov navazující na zahradu, ovocný sad, příp. les. *(Pokud zahnízdí, je možno nedaleko na jiném místě vyvěsit budku další, protože při druhém hnízdění zpravidla tutéž budku neobsadí.)* Stejný typ budky můžeme vyvěsit v parku nebo ve smíšeném lese *(lejsek šedý)* nebo na opěrné zdi pod mostky potoků do výšky asi 150 cm nad hladinou *(konipas bílý, konipas horský)*. I tyto budky, stejně jako všechny ostatní, je nutno v závěru léta vyčistit.

Univerzální rehkovník

V příslušném prostředí ho obsazuje rehek domácí, lejsek šedý, konipas bílý i konipas horský, má-li všechny vnitřní rozměry asi o 30 mm větší, pak rovněž skorec vodní.

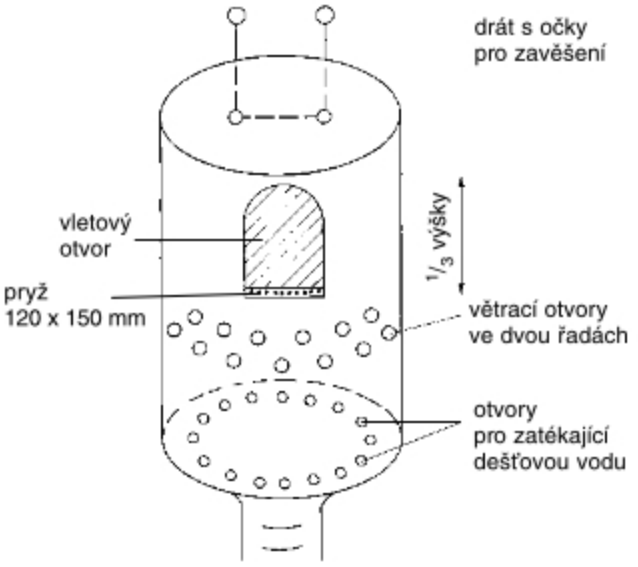


Polobudka pro poštolku obecnou: Používáme několikrát horkou vodou **vymyté** plastikové kanystry o objemu asi 25–30 l, které vně natřeme šedou syntetickou barvou. Vletový otvor vznikne vyříznutím asi $^2/_3$ plochy přední stěny. Pro ochranu prstů dosedajících ptáků nasadíme na spodní hranu **pryžovou hadici**. V horní části zadní stěny vyvrtáme dva otvory, protáhneme jimi silný izolovaný drát, jímž budku připevníme na kmen. Ve dnu budky vyvrtáme asi 10 pětimilimetrových otvorů, aby mohla odtékat dešťová voda. Dno vysteleme asi 15 cm upěchované slámy nebo sena. Tyto budky se vyvěšují ve výšce 8–10 m *(**pozor** na bezpečnost při práci!)* na holý kmen *(volný přílet, znesnadnění přístupu kunám)*. Volíme buď samostatné stromy, stromy v alejích, příp. sloupy *(hustota – jedna budka na 1 km²)*.



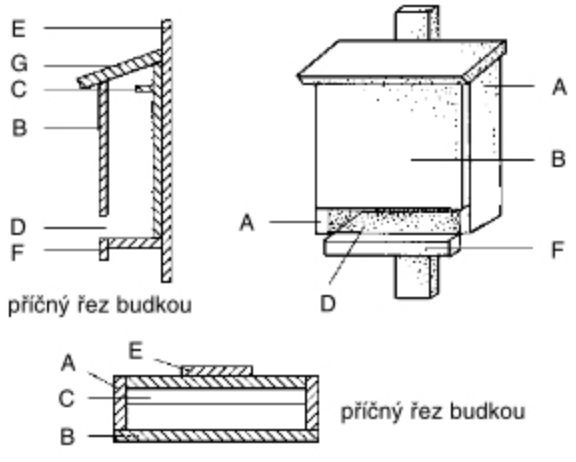
Hnízdní polobudka pro poštolku obecnou
z plastikového kanystru 25–30 l

Polobudka pro puštíka obecného: Vhodným materiálem je rovněž plastikový kanystr o objemu 40–60 l. Vletový otvor 12 × 15 cm je v horní třetině přední stěny. Spodní strana musí být rovněž opatřena pryžovou hadicí *(prevence poranění prstů dosedajících ptáků)*. Úprava dna i zavěšení jsou obdobné jako u hnízda poštolky. Navíc je nutno vyvrtat dvě řady pětimilimetrových otvorů k odvětrání hnízdní dutiny *(vrtat šikmo vzhůru proti vtékání dešťové vody!)*. Umísťujeme je do stromořadí, remízků, v lesích do 100 m od okraje.



Hnízdní budka pro puštíka obecného
z plastikového kanystru 40–60 l

Budka pro netopýry: Stejnou ochranu jako ptactvo zasluhují i netopýři. Např. stromový druh netopýr rezavý obsazuje budky s vletovým otvorem vespod. Zjistíme-li, že je taková budka obsazená, vyvěsíme s odstupem asi 20 m několik stejných budek. Pozor! **Budky pro netopýry nikdy nenatíráme**. Netopýři mají vynikající čich a neobsadili by je. Netopýří budky rovněž **nesmíme v červnu a červenci kontrolovat**. V té době totiž jejich samičky rodí mláďata *(str. 190)*.



Budka pro netopýry
A – boky; B – přední stěna; C – lišta pro netopýry: 30 x 200 mm, výška nade dnem 300 mm; D – vletový otvor: šířka 30 mm; E – závěsná lišta; F – lišta pro přílet: 40 x 200 mm; G – střecha
Vnitřní rozměry budky: výška 350 mm; dno 200 x 80 mm

PÉČE O PTACTVO V ZIMĚ

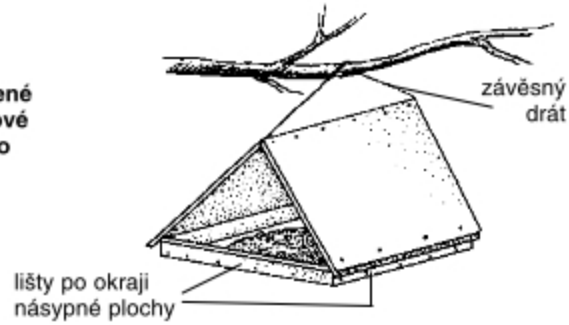
Strádajícímu ptactvu můžeme v zimě, zejména za mrazů a sněhové pokrývky, účinně pomáhat předkládáním vhodné potravy ve speciálně upravných krmítkách *(o zásypy pro přikrmování lovné zvěře pravidelně pečují myslivci).* V podmínkách školy či domácí dílničky se z řady možností zaměříme na konstrukčně nejjednodušší krmítka vhodná pro přikrmování sýkor. Pro tyto druhy je rovněž volena i skladba doporučeného krmiva.

KRMÍTKA zhotovujeme z řeziva o síle 15 až 25 cm. Proti vlhku je chráníme stříškou s impregnovanou lepenkou. Vnější stěny je vhodné natřít fermežovou nebo olejovou barvou. Krmítka umísťujeme na okna, na balkony, v zahradách, v parcích i ve volné přírodě.

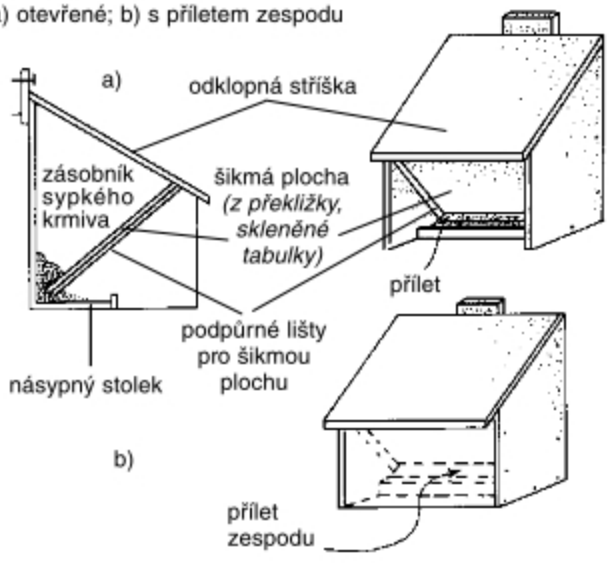
Stříškové otevřené krmítko *(obr. 1)* je užíváno nejčastěji. Může být upevněno na kůlu, na stromě nebo je zavěsíme na izolovaném drátu *(účinná ochrana vůči slídícím kočkám).* Krmivo v nich dosypáváme každý den *(pokud je v něm sníh, musíme ho vždy nejdříve odstranit).*

Zásobní krmítko je výhodné proto, že krmivo v něm můžeme doplňovat jedenkrát týdně. Je-li otevřené, je navštěvováno všemi druhy; pokud má přílet zespod, je využíváno pouze sýkorami *(obr. 2).* Násypný stolek děláme 15 cm široký a 30 cm dlouhý.

Obr. 1
Zavěšené stříškové krmítko



Obr. 2
Zásobní krmítko
a) otevřené; b) s příletem zespodu



Tukové polénko

Tukové polénko zhotovíme asi z půlmetrového březového kmínku, v němž vyvrtáme nebo vysekáme třícentimetrové otvory do hloubky asi 2 cm. Otvory zalijeme tukovou směsí a vyvěsíme do stínu *(prevence roztávání a žluknutí tuku).*

Krmítka vyvěšujeme ve výšce očí na závětrném a nerušeném místě poblíž keře nebo stromu, aby se ptáci cítili v bezpečí před dravci. Okolí krmítka by mělo být pro ptáky přehledné, bez možnosti úkrytu, z něhož by mohla zaútočit např. kočka. Přikrmovat začneme koncem října, pravidelně a zpočátku v menších dávkách. Při souvislé sněhové pokrývce a v mrazech dávky krmiva zvyšujeme. Přikrmujeme do počátku dubna.

KRMIVO. Ptákům nikdy nesmíme podávat čerstvé pečivo, zbytky pokrmů a slaná, příp. kořeněná jídla! Ideálním krmivem jsou **olejnatá semena** *(pomačkaná slunečnice, řepka, mák, len),* okurková semena, ptačí zob, ovesné vločky, semena jehličnanů *(uvolněná z nasbíraných a vysušených smrkových či březových šišek),* krupky, strouhanka, odpadové zrní a **semena z čističek obilí**, **sušené jeřabiny**, plody bezu černého, ptačího zobu nebo hlohu.

Mimořádně vhodným krmivem pro sýkory je **tuková směs** rozpuštěného loje a semen v poměru 3 : 2. Zatepla se nalévá do květináče s prostrčenou větévkou, do krabiček od zápalek, do otvorů tukových polének. Květináč zavěšujeme na větve v převrácené poloze, krabičky propichujeme a zavěsíme tuhou knoflíkovou nití. Vhodná je i směs rozpuště-

Způsoby podávání tukové krmné směsi

ného loje *(můžeme obětovat i ztužený pokrmový tuk Ivu, Plantu atp.)* a pšeničných otrub, kterou po ztuhnutí nastrouháme do krmítka.

Ptáky na krmítku je možno **pozorovat**, naučit se je bezpečně **poznávat a vést si záznamy** např. o vlastních etologických pozorováních. Kromě vrabců, kosů a hrdliček zahradních *(ptačí druhy stálé)* jsou **z potulných druhů** nejčastějšími hosty na krmítku sýkory *(koňadra, modřinka, parukářka, uhelníček, babka)*, stehlíci, pěnkavy obecné, čížkové, zvonci, dlask a strnad obecný. V okolí pozorujeme i další ptačí druhy: brhlíka, skorce, střízlíka, datlovité ptáky, z dravců káni lesní, poštolku obecnou, krahujce, jestřába, ze sov puštíka. Druhovou skladbu zimujících ptačích druhů u nás obohacují v zimních měsících **hosté ze severské tundry**, např. káně rousná, dřemlík tundrový, sovice sněžná, brkoslav severní. Na krmítku se objevují čečetky zimní, konopky žlutozobé, pěnkava jíkavec, strnad severní a další druhy. **Všichni ptáci v zimních měsících stradají**.

Malým svátkem uprostřed mrazivé zimy může být **vánoční strom hojnosti**, který můžeme připravit v zahradě, v parku nebo i ve volné přírodě. Samostatně rostoucí stromek **„zdobíme“** kusy syrového loje na provázcích, **lojovými zvonci** *(zatuhlá směs loje, máku, slunečnicových semen, krupek, ovesných vloček a strouhanky v květináčích, různých formičkách či kelímcích od polárky)*. Do tukové směsi můžeme namočit i vyschlé borovicové šišky navázené na provázku; necháme je zatuhnout a věšíme jako **ozdobný řetěz**. Stromek můžeme dále ozdobit řetězy z navázaných **makovic**. Těsněji ke kmínku věšíme **„čerstvé korále“** z tenkých plátků mrkve a jablek navlečených na režné niti. Obvodové konce větévek můžeme přizdobit **„sušenými korálky“** z plodů šípků, trnek, hlohu, pámelníku a z jeřabin navlečených zasyrova na režnou nit a nasušených do zásoby pro tuto sváteční nadílku. Na zastíněnou stranu stromku můžeme zavěsit i **tukové polénko**. Sýkory s oblibou prozobávají i polyetylénové **„dárkové sáčky“** se sypkou krmnou směsí z ovesných vloček, řepky, slunečnic, strouhanky, krupek a máku.

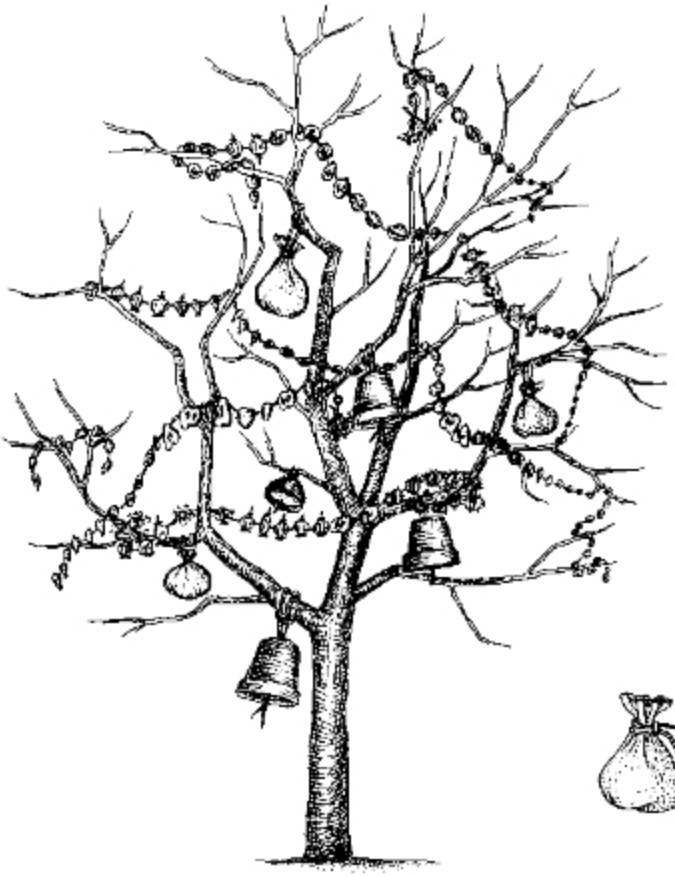
Svou **péčí o ptactvo** v době nouze rozvíjíme své znalosti a současně **aktivně chráníme přírodu**.

VÝZNAM PTÁKŮ

Hospodářský význam mají především zdomácnělí ptáci, zejména slepice, kachny a husy *(jako zdroj masa a vajec)*. Chovány jsou i jiné druhy drůbeže, např. perličky, dále holubi a exotičtí ptáci, chovaní buď pro zajímavý pestrý vzhled *(papoušci)*, nebo pro zpěv *(kanáři)*. Ptáci jsou i významnou lovnou „pernatou zvěří“ *(koroptev, bažant, kachny, tetřevovití, sluky)*. Sovy a dravci mají nezastupitelný význam jako přirození nepřátelé drobných hlodavců v krajině. Řada druhů pěvců a šplhavců je potravními specialisty, zaměřenými na hmyzí škůdce. Zvláštní zájmovou oblastí je sokolnictví, zabývající se chovem, výcvikem a ochranou dravců.

Hospodářské problémy mohou způsobovat lovem ryb kormoráni *(v současnosti např. na Třeboňsku)*, špačci na vinicích, místy jsou přemnoženy hrdličky zahradní a vrabci. Zdivočelí holubi poškozují ve městech svým chemicky agresivním trusem architekturu a mohou být přenašeči chorob *(např. ornitózy, alergie na mikroskopické roztoče atp.)*.

Při hodnocení ptáků jednoznačně převažuje jejich kladný přínos.



Vánoční strom hojnosti

Pohotové upevnění sáčku s krmnou směsí

■ Třída: **SAVCI** *(Mammalia)*

Savci jsou vývojově nejpokročilejší třída strunatců. Na souši mají mezi zvířaty vedoucí postavení, související s jejich dokonalou termoregulací a schopností přizpůsobit se rozmanitým i kolísavým teplotám. Vývojově jsou blízcí plazům, z nichž se vyvinuli. Jako celek se však od nich liší mnohem výrazněji než ptáci.

	znaky plazů	**znaky savců**
1. *Rozmnožování*	snášejí vejce	rodí živá mláďata
2. *Tělesná teplota*	proměnlivá	stálá
3. *Pokryv těla*	šupiny	srst
4. *Spodní čelist*	z více kostí	tvořena jednou kostí
5. *Chrup*	nerozlišený	rozlišený
6. *Velký mozek a mozeček*	malý	velký
7. *Sluchové kůstky*	jedna	tři
8. *Tělesný růst*	trvalý	ukončený

Savci mají v kůži bohatě rozvinuté **žlázy** *(typické pro obojživelníky).* Dochází však u nich i k silnému **rohovatění pokožky** *(typické pro plazy).* Tělo savců je kryto srstí, která je pigmentována výhradně melaniny. Mají vyvinuté **mléčné žlázy** kožního původu se specifickou funkcí. Dolní čelist savců je tvořena pouze jedinou kostí. Ve středním uchu mají tři sluchové kůstky: kladívko, kovadlinku a třmínek. Savčí **chrup** je **rozlišen** na řezáky, špičáky, zuby třenové a stoličky. Bývá zpravidla dvougenerační *(chrup mléčný a chrup trvalý)* a mívá druhově charakteristickou stavbu. Poměr hmotnosti savčího mozku k hmotnosti těla je ze všech živočichů nejvýrazněji posunut ve prospěch mozku, jehož povrch je mohutně zbrázděn. Mají **čtyřdílné srdce**, dokonale oddělující krev žilnou *(venózní)* a krev tepennou *(arteriózní).* Je vytvořen krevní oběh plicní a tělní. Je zachován pouze **levý oblouk aorty** *(u ptáků pravý).* Červené krvinky savců jsou **bezjaderné**. Jejich tělní dutina je rozdělena plochým svalem – **bránicí** – na část hrudní a část břišní. Zárodky savců se vyvíjejí zpravidla v děloze matky a jsou vyživovány zvláštním orgánem metabolismu – **placentou**. Jejich mláďata jsou po narození vyživována mateřským mlékem. Jsou určitou dobu ve starostlivé péči rodičů *(zpravidla matky),* což zvyšuje pravděpodobnost jejich dožití se reprodukčního věku. Počet mláďat savců je proto ve srovnání se zástupci ostatních tříd strunatců malý.

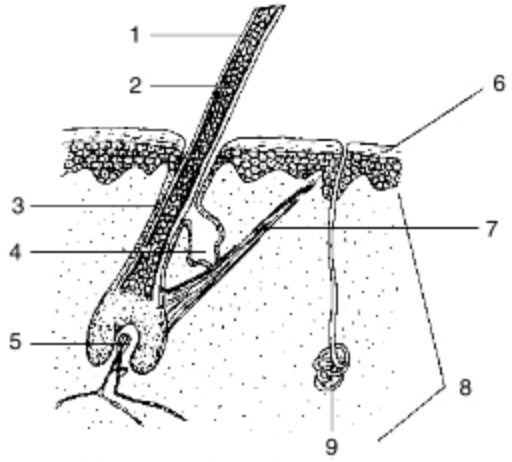
Tvar těla jednotlivých savčích druhů bývá rozmanitý.

1. **Suchozemský čtyřnohý savec** *(např. kůň)* má končetiny pod trupem.
2. **Podzemní savec** *(např. krtek)* s trupem protáhlým, válcovitým a se zkráceným ocasem. Končetiny krátké, lopatovité.
3. **Vodní savec** *(např. delfín)* má tělo vřetenovité, bez zevně patrného krku a zadních končetin, s ploutvovitým ocasem a předními končetinami.
4. **Savec schopný letu.** Zcela zvláštní specializací je rozvoj křídel s kožní blánou a závěsnými zadními končetinami u letounů *(např. netopýr).*

Modelovým příkladem tělesné stavby savce může být **králík** *(Oryctolagus cuniculus).*

Kůže savců bývá pevná, tvořená mnohovrstevnou **pokožkou** *(epidermis)* a mohutnou **škárou** *(corium).* Pod kůží je vrstva podkožního **vaziva**, prostoupená tukem. Pokožkové buňky se tvoří ve spodní zárodečné vrstvě a směrem k povrchu **těla** se oplošťují, odumírají a odlupují *(lupy).* V kůži savců jsou četné **žlázy**.

Např. žlázy **potní** vylučují pot k ochlazování těla a podílejí se na tvorbě individuálního pachu zvířete. Žlázy **mazové** ústí do chlupových váčků. Žlázy **pachové** slouží ke komunikaci. Žlázy **mléčné** jsou pro savce typické. Je od nich odvozen i vědecký název této třídy – **Mammalia** *(mamma = prs, prsní žláza).* Mléčné žlázy produkují prvotní výživu mláďat, která jejich produkt – mléko – sají.

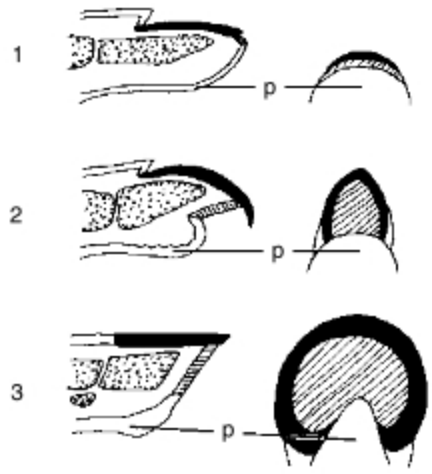


Schematický řez kůží savce
1 – kůra vlasu, 2 – dřeň vlasu, 3 – vlasová pochva, 4 – mazová žláza, 5 – vlasová papila s krevní kapilárou, 6 – vícevrstvá pokožka, 7 – vzpřimovač vlasů, 8 – škára, 9 – potní žláza

Pokožka produkuje i řadu rohovitých útvarů, např. **srst**. Jednotlivé chlupy vyrůstají z chlupové papily, vkleslé do chlupového škárového váčku. Ve spodní části má vytvořenu vlasovou papilu, umožňující výživu chlupu. **Chlupy** vyrůstají z kůže šikmo a určitým směrem, přičemž vytvářejí charakteristické útvary *(např. víry)*. Na chlupovou cibulku se upíná sval, vzpřimovač chlupu *(musculus errector pilorum)*, který se chladem nebo při vzrušení zvířete *(např. při nebezpečí)* zkrátí a srst se naježí.

Srst má nezastupitelný význam tepelné izolace. Svým zbarvením často umožňuje zvířeti splynutí s terénem. Rozlišujeme zevní krycí chlupy – **pesíky** a jemné ochlupení – **podsadu**. V obličejové části hlavy šelem a nory obývajících hlodavců mají důležitou roli **chlupy hmatové** „sinusové“, tzv. vousy.

Sezonní výměna srsti, podmíněná periodickými změnami podnebí, se nazývá **línání**. V pokožce mají původ i jiné rohovité útvary, např. ostny ježka, šupiny luskounů nebo krunýře pásovců. Pro většinu savčích řádů jsou typické **drápy** *(šelmy, hlodavci, chudozubí, vačnatci, aj.)*. Obdobnou stavbu mají **nehty** primátů, **kopyta** kopytníků, příp. **rohy** turovitých *(nikoli parohy jelenovitých, které jsou původu kostěného!)*.



Srovnání stavby nehtu (1), **drápu** (2) **a kopyta** (3)
p – prstní polštář
šrafovaně – měkká rohovina, *černě* – tvrdá rohová stěna,
tečkovaně – kostní články prstů

Kostra savců je tvořena páteří, lebkou, hrudním košem, kostrou končetin a jejich pletenci. Osou savčí kostry je **páteř**, která má pět morfologicky i funkčně odlišných oddílů:

krční *(pro většinu savců je stálý počet* **sedmi krčních obratlů:** *(1. = nosič, 2. = čepovec, a 5 dalších)*.

hrudní (12) s mohutnými výběžky, na něž nasedají nedělená žebra. Žebra napojující se přímo na kost prsní, s níž tvoří hrudní koš, se nazývají žebra pravá. Žebra bez napojení na kost prsní jsou žebra volná;

bederní (6) žebra nemají;

křížový (4) *(4 obratle srůstají v kost křížovou);*

ocasní *(králík 15, kostrční obratle člověka 4)*.

Lebka u savců má část **mozkovou** a část **obličejovou**. Přibližnou hranici mezi nimi tvoří čichové dutiny *(u člověka probíhá v místech nadočnicových oblouků)*.

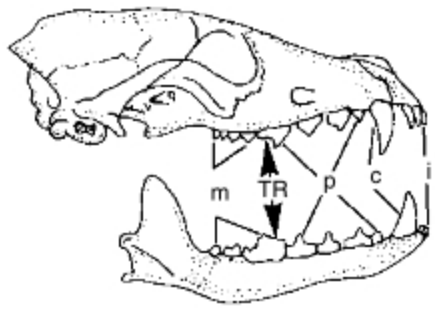
Přední končetiny jsou s osou těla spojeny pletencem lopatkovým *(lopatka s výrůstkem krkavčím a u savců, jejichž přední končetiny vykonávají i jinou funkci než chůzi, i kost klíční)*.

Zadní končetiny se kloubně připojují k srostlým párovým pánevním kostem *(kyčelní, sedací, stydké)*.

Svalová soustava savců je mimořádně členitá a vyznačuje se velkým počtem rozmanitě uspořádaných svalů. Pro savce je charakteristický plochý sval **bránice**, oddělující dutinu břišní a hrudní, který se výrazně podílí na dýchání a odstraňování stolice *(defekaci)*, **mezižeberní svalstvo** *(dýchací pohyby hrudníku)*, **žvýkací svaly** *(mechanické zpracování přijaté potravy)*, **podkožní ploché svaly** uvádějící do pohybu okrsky kůže *(kůň, ježek)* a **obličejové mimické svalstvo** šelem a primátů.

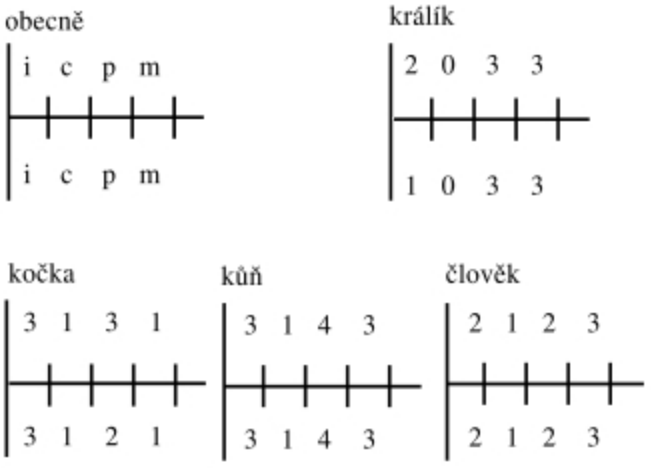
Trávicí soustava začíná **ústy**, která jsou vně ohraničena pohyblivými pysky, jimiž zvíře uchopuje a přidržuje potravu. U savců se na rozdíl od ostatních tříd obratlovců následkem sání mléka mláďaty vyvinuly **svalnaté tváře**, které se u některých druhů *(křeček)* přeměnily v roztažitelné **lícní torby**. Strop ústní dutiny tvoří **tvrdé a měkké patro**. Pohyblivý **jazyk** potravu mísí a posunuje do hltanu. **Slinné žlázy** produkují sliny, které potravu zvlhčují, obalují hlenem a začínají i chemicky štěpit *(ptyalin)*. *(Pozn.: přežvýkavci ptyalin nevylučují!)*

Např. koně a turovití vyloučí denně až 50 litrů slin. Potrava je v ústech mechanicky zpracována chrupem, který je rozlišen na **řezáky** *(incisivi)*, **špičáky** *(canini)*, **zuby třenové** *(premolares)* a **stoličky** *(molares)*. Některé skupiny savců mají chrup neúplný. Např. zrovna králíkům chybí špičáky.



Lebka savce (liška obecná)
i – řezáky *(incisivi)*, c – špičáky *(canini)*,
p – třenové zuby *(premolares)*, m – stoličky *(molares)*
TR – trháky

Příklady zubních vzorců



Charakteristiku chrupu jednotlivých druhů savců vyjadřuje „**zubní vzorec**“. Při zrcadlové souměrnosti obou polovin těla v něm postačí uvést zuby poloviny čelisti, přičemž v horní řadě jsou zuby čelisti horní a v dolní řadě zuby čelisti dolní.

Za krátkým hltanem, v němž dochází k překřížení s cestami dýchacími, následuje dlouhý jícen, prostupující bránicí do žaludku v dutině břišní. Vakovitý žaludek je uložen v břišní dutině napříč. Má svalnaté stěny, vyměšující vlastní ochranný hlen, kyselinu chlorovodíkovou, vytvářející silně kyselé prostředí, v němž se trávicí ferment pepsinogen mění na pepsin, který tráví bílkoviny.

Nejvíce trávicích enzymů přichází do další části trávicí trubice – dvanáctníku. Vyúsťují do něj játra a slinivka břišní. Tenké střevo má funkci vstřebávání živin, v tlustém střevě dochází ke zpětnému vstřebávání vody. Konečník, v němž se shromažďují nestrávené zbytky potravy, vyúsťuje na povrch pod ocasem otvorem řitním. Na rozhraní tenkého a tlustého střeva je střevo slepé. U býložravců v něm žijí bakterie, rozkládající rostlinnou buničinu.

Dýchací soustava savců začíná různě utvářenými nozdrami. Nosní dutina je oddělena od dutiny ústní tvrdým a měkkým patrem. Následuje nosohltan a chrupavčitý hrtan. Na jeho počátku je záklopka *(epiglottis),* která při polykání hrtanovou štěrbinu uzavírá. Mezi hrtanovými chrupavkami jsou nataženy **hlasivky**, které při svém různém napětí a rychlosti vzduchu vytlačovaného z plic vydávají druhově charakteristické zvuky. Následuje průdušnice, která se větví na průdušky, vstupující do levé a pravé plíce. Pokračuje další větvení na průdušinky, zakončené plicními sklípky, se stěnou bohatě prokrvenou vlásečnicemi. Stavbou plicních sklípků se při daném objemu plic zvětšuje jejich vnitřní povrch. Mechanismus výměny plynů v plicích se uskutečňuje zvětšováním a zmenšováním jejich objemu, na němž se podílí jak mezižeberní svalstvo, tak bránice. Klidová minutová **dechová frekvence** u králíka je 55 *(u člověka 16).*

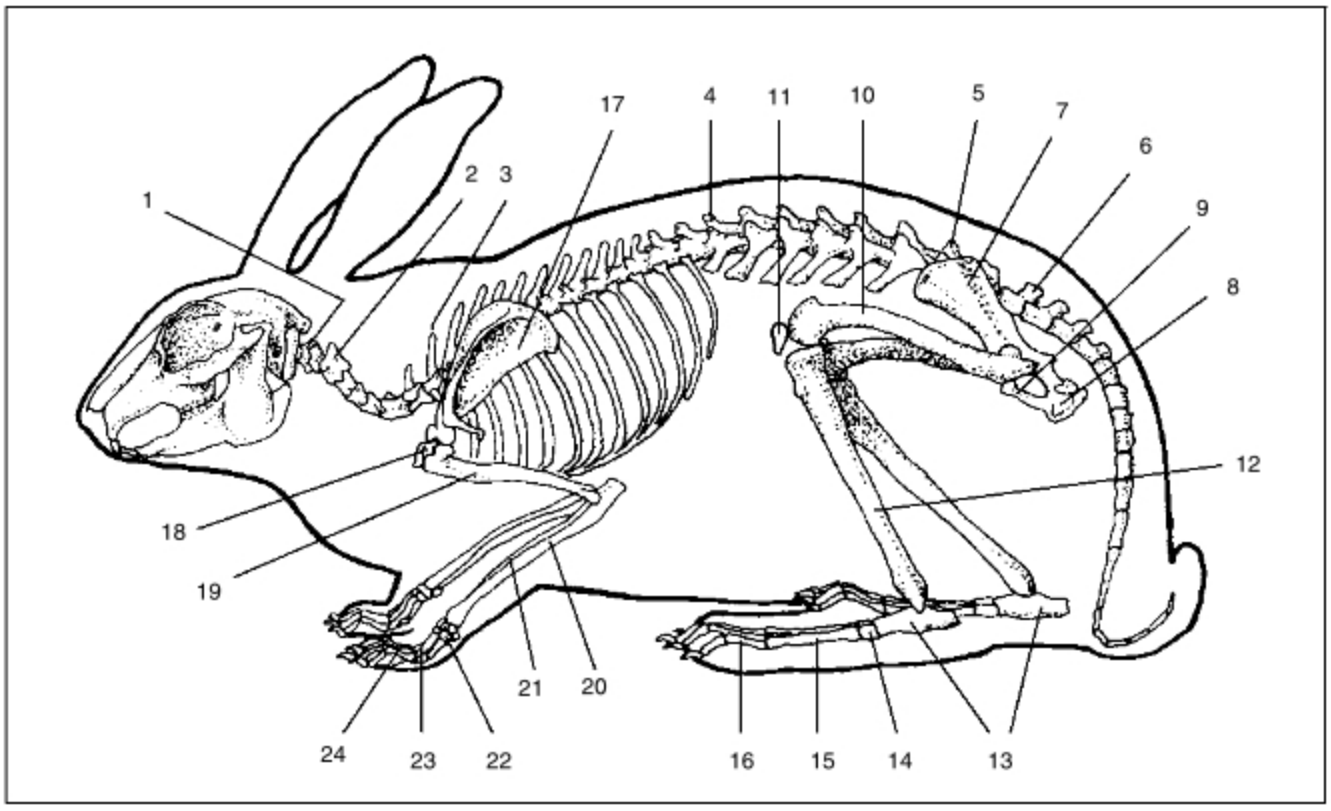
Cévní soustava *(viz úvodní charakteristika třídy)* je z funkčního hlediska stejná jako cévní soustava ptáků. Savci mají nejmenší červené krvinky ze všech obratlovců, které tudíž mají relativně největší povrch. Zralé jsou bezjaderné, takže pojmou více hemoglobinu. *(Králík má v 1 mm^3 asi 5 milionů červených krvinek.)* Savci mají rovněž krvinky bílé *(lymfocyty).* Kromě přenosu živin a transportu kyslíku a hormonů se krevní oběh podílí i na vyrovnávání tělesné teploty uvnitř a na povrchu těla. **Tělesná teplota** savců je obvykle kolem 36 °C. Při poklesu teploty k mezi ohrožující život se automaticky zapojují **oteplovací mechanismy** *(svalový třes).* Při nebezpečí přehřátí se zapojují **mechanismy ochlazovací** – většinou pocení, sálání tepla vysoce prokrvenou kůží, prudké dýchání s vyplazeným jazykem *(psi),* mávání mohutnými ušními boltci *(sloni).*

Vylučovacím ústrojím savců jsou párové **pravé ledviny** *(metanefridie),* uložené v bederní krajině. Moč je z ledvin odváděna močovodem. Všichni savci mají **močový měchýř**.

Nervová soustava savců vyniká rozvojem koncového mozku, na jehož povrchu je rozbrázděná šedá kůra mozková, tvořící mozkové závity a rýhy. Relativně velký je i mozeček. Na rozdíl od všech ostatních tříd obratlovců končí savčí mícha v křížové části páteře a nesahá do ocasu. V úzkém vztahu k nervové soustavě je u savců činnost žláz s vnitřní sekrecí.

Ze smyslových ústrojů je důležitým smyslem **čich**. Savci většinou očichávají možnou potravu, čichem rozeznávají změny prostředí, v němž se pohybují, vyhledávají kořist, proti větru zjišťují možného útočníka. Čichem vyhledávají i na značné vzdálenosti partnera druhého pohlaví. Čich nemají vyvinut pouze kytovci. Hmyzožravci, šelmy a kopytníci mají zachován Jacobsonův orgán *(který je významným chemickým smyslem u plazů);* jím vnímají pach říjných samic *(str. 203).*

Savčí sluchové ústrojí je vně nápadné rozvojem vnějšího ucha se složitě tvarovaným a zpravidla pohyblivým **boltcem**. Ve středním uchu jsou tři sluchové kůstky. Nejdokonalejší sluch mají letouni a kytovci *(přestože u kytovců je zevní zvukovod zarostlý a zvuk se šíří kostmi).* Savci **vidí** zpravidla barevně a velmi **dobře**. Mají pohyblivé komorové oko kulovitého tvaru, s čočkou schopnou akomodace. Šelmy a sudokopytníci mají v cévnatce odrazovou vrstvu *(tapetum lucidum),* zvyšující citlivost vidění při nedostatku světla *(v noci jim oči světélkují).* Savci mrkají většinou horním víčkem. Mžurku mají zredukovanou na srpkovitou blanku ve vnitřním koutku oka.



Kostra savce *(králík obecný)*
1 – nosič, 2 – čepovec, 3 – první hrudní obratel, 4 – první bederní obratel, 5 – křížová kost, 6 – první ocasní obratel, 7 – kyčelní kost, 8 – sedací kost, 9 – stydká kost, 10 – stehenní kost, 11 – čéška, 12 – holenní a lýtková kost, 13 – patní kost, 14 – kůstky zánártní, 15 – kosti nártní, 16 – první prstní článek, 17 – lopatka, 18 – klíční kost, 19 – pažní kost, 20 – loketní kost, 21 – vřetenní kost, 22 – kůstky zápěstní, 23 – záprstní kosti, 24 – první prstní článek

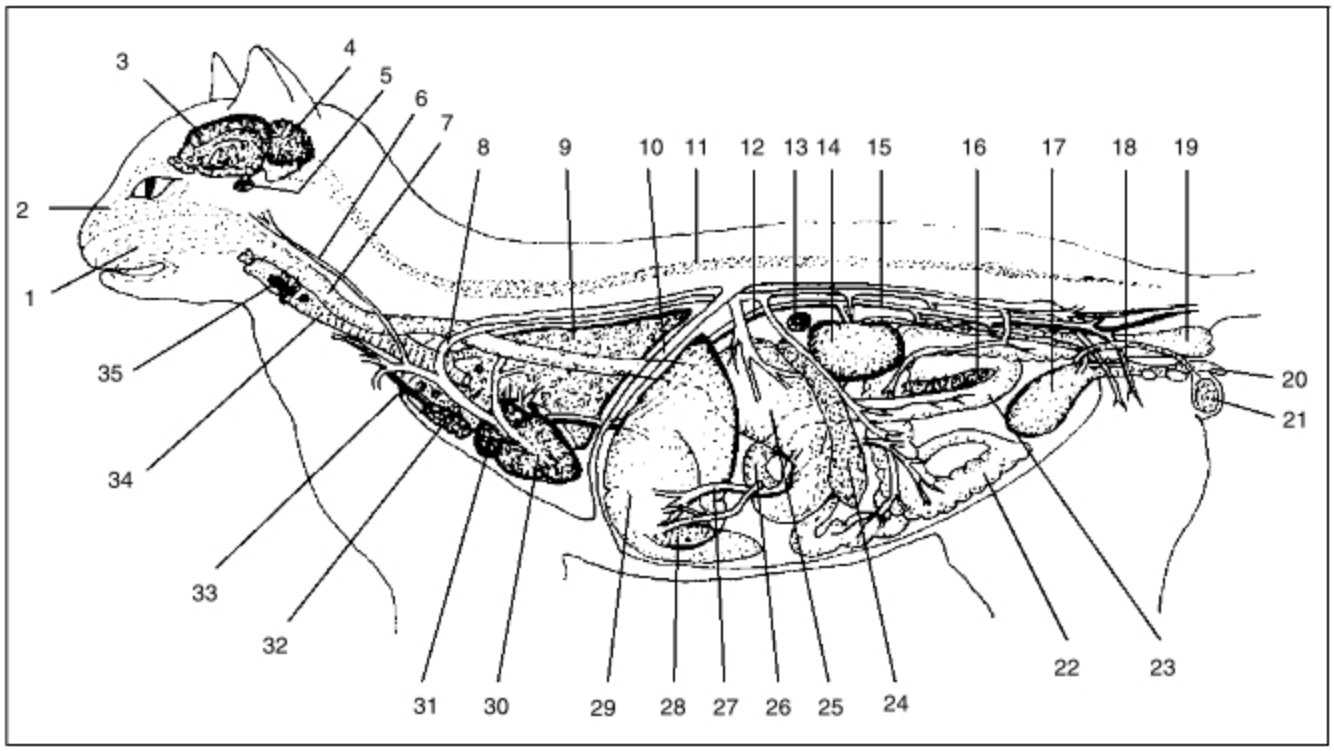


Schéma tělesné ústrojnosti savce *(kočka domácí)*
1 – ústní dutina, 2 – nosní dutina, 3 – koncový mozek, 4 – mozeček, 5 – hypofýza, 6 – krkavice, 7 – jícen, 8 – levý aortální oblouk, 9 – plíce, 10 – bránice, 11 – mícha, 12 – zadní dutá žíla, 13 – nadledvinka, 14 – ledvina, 15 – močovod, 16 – slinivka břišní, 17 – močový měchýř, 18 – chámovod, 19 – konečník, 20 – penis, 21 – varle, 22 – tlusté střevo, 23 – tenké střevo, 24 – slezina, 25 – žaludek, 26 – dvanáctník, 27 – vrátnicová žíla, 28 – žlučník, 29 – játra, 30 – srdeční komory, 31 – srdeční předsíň, 32 – brzlík, 33 – přední dutá žíla, 34 – průdušnice, 35 – štítná žláza

Pohlavní ústrojí savců tvoří párové **vaječníky** samic a párová **varlata** samců. Vždy dochází k **vnitřnímu oplození** spermiemi zaváděnými samčím penisem. U samců často varlata v době říje vklesají do šourku *(zrání spermií vyžaduje zpravidla asi o 4 °C nižší teplotu než je v dutině břišní).* Varlata vytvářejí ohromná množství spermií, obvykle po většinu života samce. Vaječníky naproti tomu uvolňují zralá vajíčka jednotlivě nebo v malém počtu a obvykle v delším časovém odstupu. K oplození dochází obvykle v tenkých vejcovodech, ústících do různě utvářené dělohy *(uterus).* V ní vzniká při oplození a uhnízdění vajíčka v děložní sliznici **placenta**, zprostředkující zárodku výživu, dýchání a vylučování. Při porodu opouští placenta tělo matky chvíli za mládětem. Pupeční šňůru samice obvykle překousne a placentu pozře, protože její pach by lákal šelmy k bezmocnému mláděti. Pochva *(vagina)* placentálních savců je nepárová. Na povrch ústí vulvou, na jejímž břišním okraji je clitoris, který je obdobou vztyčitelného penisu samců. Doba páření odpovídá délce březosti samic tak, aby porod mláděte připadl na klimaticky příhodné období s hojností potravy, které je pro rozvoj mláděte nejvhodnější *(zpravidla kolem letního slunovratu).*

V rámci třídy savců rozlišujeme dvě podtřídy: **vejcorodí** *(6 druhů)* a **živorodí** *(4300 druhů).*

□ 1. Podtřída: **VEJCORODÍ** *(Prototheria)*

Velmi starobylá skupina savců, nesoucí znaky svých plazích předků. Snášejí až 3 cm velká, žloutkem bohatá vejce v pergamenové bláně. Jsou snášena po krátkém pobytu v děloze. Vývoj zárodku probíhá u ježury v břišním kožním vaku, u ptakopysků v hnízdě, kde snůšku 2 vajíček zahřívá samice vlastním teplem. Mláďata ptakopysků vzhledem k utváření svých čelistí nemohou aktivně sát. Samice tedy leží při kojení mláďat v poloze na hřbetě. Mléko vytéká volně z mléčných políček a mláďata ho olizují z chlupů. K vejcorodým patří jediný řád:

◇ Řád: **Ptakořitní** *(Monotremata)*

Kromě **znaků plazích** předků *(stavba močopohlavního ústrojí, typ vajec, plně vyvinutá kloaka, časný srůst lebečních kostí a kolísavá tělesná teplota, funkční pouze levý vaječník jako ptáci)* mají i **znaky savčí** *(plnohodnotná srst, mléčné žlázy, 3 sluchové kůstky, 7 krčních obratlů, bránice, úplně rozdělené srdce).* Navíc mají ale i **znaky vlastní** podle své vývojové **specializace** *(u ptakopysků čelisti změněné v rohovité lišty, ostruhy na zadních končetinách, u ježur vakové kosti).* Jsou rozšířeni pouze v Austrálii, Tasmánii a na Nové Guineji. Ježura i ptakopysk představují současně zástupce dvou poměrně dosti odlišných čeledí vejcorodých.

Ježura australská *(Tachyglossus aculeatus)* je suchozemský druh obývající nory. Má trubicovitě protaženou obličejovou část, dlouhý a na konci lepkavý jazyk a silné hrabavé nohy s drápy. Její tělní pokryv je tvořen srstí s bodlinami. Ježury se živí převážně mravenci a termity. Jsou aktivní v noci. Samice nosí svá vejce v břišním vaku.

Ptakopysk podivný *(Ornithorhynchus anatinus)* je veliký asi jako králík. Jeho srst je tmavohnědá, hustá, tuhá a nesmáčivá. Ptakopysk vede obojživelný život. Nory s vchodem pod vodní hladinou si buduje na březích řek a sladkovodních jezer. Živočišnou potravu *(měkkýše, larvy, hmyz)* cedí ze dna charakteristickým „kachním“ zobákem. Má krátké pětiprsté končetiny s prsty spojenými plovací blánou. Při hrabání nor se plovací blána skládá. Jejich ocas má funkci výkonného kormidla.

□ 2. Podtřída: **ŽIVORODÍ** *(Theria)*

K živorodým patří všechny další druhy savců. Samice přivádějí na svět svá mláďata **porodem**. Nadřád **vačnatí** má asi 250 druhů a nadřád **placentálové** asi 4050 druhů.

◆ Nadřád: **VAČNATÍ** *(Metatheria)*

Vačnatí rodí mláďata po krátkém nitroděložním vývoji nedokonale vyvinutá. Obě pohlaví vačnatých mají párové vakové kosti. Jejich mláďata zpravidla dokončují svůj vývoj v břišním vaku samice, který je fyziologickou náhražkou dělohy. Visí v něm ústy na mléčném struku. Jejich mléčné bradavky jsou na obou stranách těla uspořádány ve dvou řadách. Mozek vačnatců je málo rýhován a chybí v něm kalózní těleso *(spojovník)*, které u placentálií spojuje mozkové hemisféry. Vačnatí vznikli ve spodní křídě. Zpočátku obývali celý svět kromě Afriky, jejich vývoj ale pokračoval pouze v Jižní Americe a v Austrálii bez konkurence placentálních savců. Dnes v Austrálii představují jediné původní savce. Konvergentním vývojem vytvořili rozmanité ekologické typy, odpovídající typům vyšších savců Starého světa.

Nejrozšířenějším druhem vačnatce, který se rozšířil až do Kanady, je **vačice opossum** *(Didelphis marsupialis).* Je to všežravý, mimořádně odolný, částečně stromový druh s pětiprstými končetinami a částečně ovíjivým ocasem. Má úplný chrup. Odrostlejší mláďata nosí samice na hřbetě. V Tasmánii žije **ďábel medvědovitý** *(Sarcophilus harrisi),* živící se převážně zdechlinami. Největší počet australských vačnatců však tvoří málozubé býložravé druhy, z nichž nejznámější je např. **klokan obrovský** *(Macropus giganteus).* **Koala** *(Phascolarctos cinereus)* je bezocasý stromový vačnatec, potravně vázaný na listí blahovičníků *(eukalypty).*

◆ Nadřád: **PLACENTÁLOVÉ**
(Placentalia, syn. Eutheria)

Mláďata placentálů se rodí po dlouhém nitroděložním vývoji, během něhož je metabolismus zárodku *(výživa, dýchání, vylučování)* dokonale zajišťován placentou. Krevní oběh matky a plodu přitom nikdy nesplývá. Oba jsou protisměrné *(protisměrný mechanismus viz též ledviny, plíce ptáků)*, což zajišťuje optimální účinnost látkové výměny. Mláďata placentálů jsou v okamžiku porodu vcelku dokonale vyvinutá a mají schopnost aktivně sát mléko.

Placentálové nikdy nemají vyvinuty vakové kosti ani vak. Jejich vajíčka jsou vždy mikroskopická a chudá žloutkem *(oligolecitální)*. Samci mají jednoduchý penis, samice mají jednu pochvu. Třenové zuby placentálů jsou vždy dvougenerační *(mléčné a trvalé)*. Polokoule velkého mozku placentálů jsou propojeny kalózním tělesem a dokonale je vyvinut i druhotný strop mozku.

◇ Řád: **Hmyzožravci** *(Insectivora)*

Starobylý savčí řád, který je považován za vývojový základ ostatních řádů placentálních savců. U nás žijí 3 čeledi.

Ježkovití mají pesíky na hřbetě a boku těla přeměněny v ostny. Mohutně vyvinutý podkožní svalový vak jim umožňuje se v nebezpečí svinout a „naježit". Tato miliony let osvědčená ochranná adaptace je v době rozvinutého automobilismu ježkům velmi často osudná, neboť večer loví hmyz obvykle na prohřátých asfaltových silnicích. Zimu přečkávají spánkem *(hibernace)*. Na většině našeho území žije **ježek východní** *(Erinaceus concolor)*. **Ježek západní** *(E. europaeus)*, s výrazně světle a tmavěhnědě pruhovanými bodlinami žije v západní Evropě *(u nás v Čechách)*. Oba druhy ježků se vyvinuly obdobně jako dva poddruhy vrány v době ledové.

Rejskovití jsou drobní savci. Patří k nim nejmenší savec **bělozubka nejmenší** *(Suncus etruscus)*, žijící v jižní Evropě. Náš nejmenší savec je **rejsek malý** *(Sorex minutus)*, vážící v dospělosti asi 5 g. Běžně rozšířeným druhem rejska je **rejsek obecný** *(Sorex araneus)*. Náš největší rejsek **rejsec vodní** *(Neomys fodiens)* výborně plave. Rejskové ani krtci nehibernují.

Krtkovití jsou přizpůsobeni k podzemnímu životu. Ve střední Evropě je běžně rozšířen **krtek obecný** *(Talpa europaea)*.

◇ Řád: **Letuchy** *(Dermoptera)*

Jsou vývojově blízké hmyzožravcům, velké jako kočka, s jemně osrstěnou kožní blánou, táhnoucí se od hlavy přes oboje končetiny až k ocasu. Toto „padákové ústrojí" jim umožňuje seskakovat z vyvýšených míst klouzavým letem na vzdálenost přesahující i 100 m. Na Filipínách a přilehlých ostrovech žije např. **letucha filipínská** *(Cynocephalus volans)*.

◇ Řád: **Letouni** *(Chiroptera)*

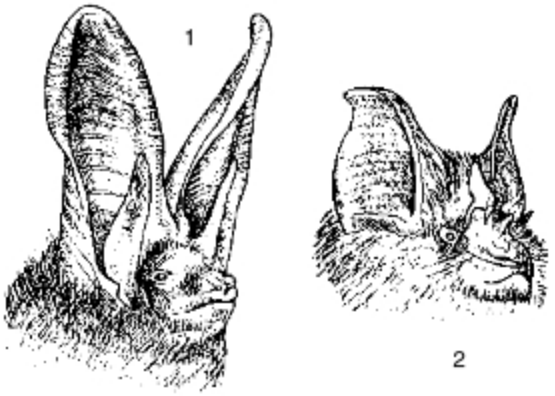
Letouni jsou jediní savci dokonale přizpůsobení k letu. Mezi protaženým 2.–5. prstem přední končetiny mají vyvinutou neosrstěnou letovou blánu, táhnoucí se po stranách těla k zadním končetinám a u některých druhů až k ocasu. V klidu ji skládají. Živí se hmyzem, který chytají za letu. Orientují se odraženými ultrazvukovými signály o kmitočtu 40–90 kHz, které nejsou postřehnutelné lidským sluchem. Tvoří je v hrtanu, vysílají je otevřenou tlamičkou *(netopýři)* nebo nozdrami *(vrápenci)* a odraz zachycují sluchem *(echolokace)*. Chladné období překonávají zimním spánkem *(zpravidla v jeskyních)*, kdy jejich životní pochody klesají na minimum. Letouni žijí takřka na celém světě kromě polárních oblastí.

Škody na banánovníkových plantážích v indomalajské oblasti způsobuje **kaloň malajský** *(Pteropus vampyrus)*. Většina dalších čeledí letounů je hmyzožravá.

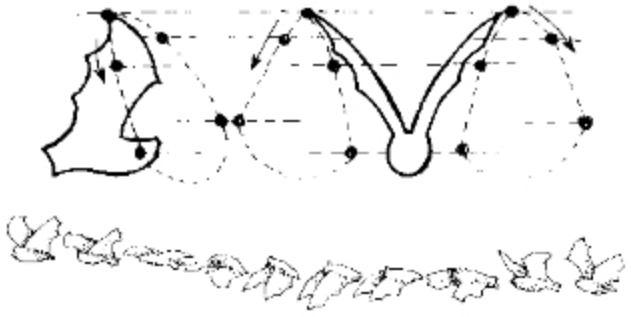
Vrápencovití *(Rhinolophidae)* mají blanité výrůstky v okolí nozder a boltec bez víčka.

Upír obecný *(Desmodus rotundus)* zraňuje svými zuby kopytníky, jimž nesaje, nýbrž líže z ranky vytékající krev. Ve slinách má obsaženou protisrážlivou látku, takže vytékající krev zůstává tekutá. Jsou nebezpeční přenášením vztekliny.

Netopýrovití *(Vespertilionidae)* jsou většinou drobní živočichové. Živí se převážně hmyzem, který loví za letu. Jsou druhově hojnou čeledí u nás žijících savců *(21 druhů)*. Nejhojněji se u nás vyskytuje **netopýr velký** *(Myotis myotis)*, tvořící v půdních prostorách budov i stohlavé letní kolonie. Náš nejmenší druh netopýra je **netopýr hvízdavý** *(Pipistrellus pipistrellus)*, který v dospělosti váží do 6 g. Stromové dutiny obývá **netopýr rezavý** *(Nyctalus noctula)*. Ve městech je svým častým letem za soumraku nápadný **netopýr večerní** *(Eptesicus serotinus)*. Velkými, na čele srostlými ušními boltci je nápadný **netopýr ušatý** *(Plecotus auritus)*.



Detail hlavy netopýra ušatého (1) *(s blanitým víčkem u kořene ušního boltce)* a vrápence malého (2) *(boltec bez víčka, zato blanité výrůstky v okolí nozder, sloužící k usměrňování ultrazvukových signálů)*.



Technika třepetavého letu netopýra

◇ Řád: **Tany** *(Tupaioidea, syn. Scandentia)*

Tany jsou hmyzožraví stromoví savci, rozšíření v jihovýchodní Asii a na přilehlých ostrovech. Podobají se veverkám s protaženým čenichem a „opičíma“ ušima. Mají velmi dobrý zrak a oproti hmyzožravcům vyvinutější mozek. Představují vývojový stupeň mezi hmyzožravci a poloopicemi. Např. **tana obecná** *(Tupaia glis).*

◇ Řád: **Primáti**, *syn.* **nehetnatci** *(Primates)*

Primáti jsou savci s nejvyvinutějším mozkem *(poměrem hmotnosti k tělu u člověka 1 : 40)* a mohutným rozvojem zbrázdění mozkové kůry. Primáti vznikli ve svrchní křídě. Vývojově navazují na hmyzožravce. Jejich evoluce však směřovala k stromovému způsobu života, k denní aktivitě, k redukci čichu a zdokonalení oka, které je schopno prostorového vidění, k rozvoji šplhací funkce nohy bez drápů *(s protistojně postaveným palcem)* a rozvoji mozku. Všichni primáti mají vyvinuté klíční kosti, mimořádně pohyblivý ramenní kloub, zápěstí i kloub loketní. Samice mají 2 prsní bradavky a samci varlata uložená v šourku. Většina z 200 známých druhů *(s výjimkou člověka)* žije v tropech a subtropech celého světa kromě Austrálie. Systematicky je dělíme na poloopice a opice.

Poloopice *(Prosimiae)* představují vývojově nižší primáty. Jejich zadní končetiny jsou vyvinuty mohutněji než končetiny přední. Velké oči jim umožňují noční aktivitu. Stromovému způsobu života napomáhá uchopovací ovíjivý ocas. Asi 40 známých druhů poloopic je rozšířeno v Africe a Asii. Na Madagaskaru tvoří poloopice dokonce většinu místních savčích druhů.

Lemurovití jsou nejprimitivnější čeledí poloopic. Obývají zejména Madagaskar. Jsou všežraví s převahou rostlinné potravy. Např. **lemur kata** *(Lemur catta)*, **ksukol ocasatý** *(Daubentonia madagascariensis)*, **outloň váhavý** *(Nycticebus coucang)*, **komba ušatá** *(Galago senegalensis)*, **nártoun celebeský** *(Tarsius spectrum).*

Opice *(Anthropoidea, syn. Simiae)* jsou ploskochodci, kteří mají na všech prstech vyvinuty nehty. Těžiště jejich těla je přesunuto na zadní končetiny. Mají vyvinutou klíční kost. Jejich oči směřují vpřed a očnice jsou vzadu uzavřeny. Samice opic mají jednoduchou dělohu a terčovitou placentu. Jsou aktivní ve dne. V jejich stravě převládá potrava rostlinná. Dělíme je na ploskonosé a úzkonosé.

Ploskonosí jsou jihoamerické býložravé druhy se širokou nosní přepážkou. Mají vyspělý sociální život. Nejprimitivnější primát s drápy na prstech je **kosman bělovousý** *(Callithrix jacchus).* **Malpa kapucínská** *(Cebus capucinus)* má na temeni hlavy charakteristicky vztyčenou srst. Pronikavý hlasový projev jihoamerického **vřešťana rezavého** *(Alouatta seniculus)* umožňují jeho hrtanové rezonanční vaky. Vřešťani žijí v tlupách a jsou býložraví. Charakteristickým závěsným pohybem za přední končetiny jsou známí jihoameričtí **chápani** *(např. rod Ateles).* Kromě končetin užívají k pohybu ve větvích i svůj ovíjivý ocas.

Úzkonosí mají úzkou nosní přepážku, a tedy nozdry u sebe. Zorná pole obou očí se překrývají, z čehož vyplývá jejich schopnost stereoskopického vidění. Mléčný chrup mláďat má 20 zubů, chrup trvalý 32 *(svou skladbou je shodný s chrupem člověka).* Na všech prstech mají nehty, ocas nikdy není uchopovací. Palce mají vůči ostatním prstům protistojné postavení. Jejich samice mají menstruační cyklus. Obývají tropickou Asii a Afriku. Např. **pavián pláštíkový** *(Papio hamadryas)*, **kočkodan zelený** *(Cercopithecus callitrichus)*, **makak rhesus** *(Macaca mulatta).* Makakové jsou hojně využíváni k laboratornímu výzkumu. *(Výsledek jednoho z nich má praktické uplatnění v krevním imunitním systému člověka jako tzv. Rh faktor.)*

Guerézy jsou východoafrické stromové opice. Jedinou opicí obývající evropský kontinent je **magot bezocasý** *(Macaca sylvanus).* Žije stádově v severní Africe a také na Gibraltaru, kde je v tamní rezervaci chráněn.

Lidoopi a **lidé** *(Hominoidea)* jsou biologicky úzce příbuzní. Vzešli ze společného základu s úzkonosými opicemi. Všechny druhy jsou velké, mají předozadně zploštělý hrudník a prodloužené ruce. Jejich stoličky mají hrboly a lišty ve tvaru písmene Y. Rozvoj mozku a psychiky pokročil u nich ze všech živočichů nejdále. Jejich samice mají menstruační cyklus a dlouhou graviditu. Rodí jedno na matce velmi závislé mládě.

Giboni jsou stromoví lidoopi s mimořádně dlouhými rukama, jimiž se hbitě pohybují zavěšováním ve větvích stromů. Je to zcela zvláštní pohyb „pod větvemi“, který se nazývá **brachiace**. Jsou rozšířeni v asijských tropických pralesích; např. **gibon lar** *(Hylobates lar).*

Lidské anatomické znaky nejvíce připomíná **šimpanz učenlivý** *(Pan troglodytes).* Je černošedý, má lysý obličej, plosky končetin a hýždě.

Gorila *(Gorilla gorilla)* je výškou a váhou dospělých jedinců *(samci až 200 cm a téměř 300 kg)* největší lidoop. Obývá pralesy západní a střední rovníkové Afriky.

Orangutan *(Pongo pygmaeus)* žije v pralesích Sumatry a Bornea. Orangutani jsou ze všech lidoopů nejvíce přizpůsobeni stromovému životu *(malajsky orang utang znamená „lesní muž")* a netvoří stáda.

Čeleď **lidé** (*Hominidae)* je známa od konce třetihor, tedy asi 14 milionů let. Řadíme do ní současný druh **člověk moudrý** *(Homo sapiens)* a několik rodů vymřelých: **Ramapithecus, Australopithecus, Paranthropus** a z rodu Homo i vymřelé druhy pralidí, u nichž prokazatelně došlo již k vývojové specializaci označované jako **hominizace**. Jsou doloženi od starších čtvrtohor, tedy asi před dvěma miliony let.

◇ Řád: **Chudozubí** *(Edentata)*

Společným znakem všech chudozubých je redukce skloviny, příp. chrupu vůbec, nápadně pomalý pohyb, malá mozkovna a mozek. Obývají výhradně Jižní Ameriku. Současnosti se dožily tři vzájemně nepodobné čeledi.

Lenochodovití jsou specializováni pro život v korunách stromů, v nichž se pohybují zavěšeni srpovitě ohnutými drápy nohou v poloze hřbetem dolů. Mají sníženou nervovou dráždivost i pomalou frekvenci dýchání. Povrch jejich mozku je zcela hladký, např. **lenochod dvouprstý** *(Choloepus didactylus)*.

Mravenečníkovití mají čelisti zcela bezzubé, trubicovité, ale nesrostlé. Funkci chrupu nahrazuje mohutně svalnatý žaludek. Jejich dlouhý, daleko vysunutelný jazyk jim umožňuje specializovat se k lovu termitů a mravenců. Výkonnými slinnými žlázami vylučují lepkavé sliny. Přední nohy mravenečníků jsou hrabavé a mají mohutné drápy. Při chůzi našlapují na hřbety prstů např. **mravenečník velký** *(Myrmecophaga tridactyla)*.

Pásovcovití mají nápadný krunýř tvořený kostěnými pásy škárového původu s rohovinovým povrchem. Jsou polyembryoničtí, což znamená, že jediná zygota se v raných fázích vývoje rozdělí až na 12 plnohodnotných zárodků. V jednom porodu jsou pak vždy všechna mláďata stejného pohlaví, např. **pásovec devítipásý** *(Dasypus novemcinctus)*.

◇ Řád: **Luskouni** *(Pholidota)*

Luskouni některými znaky připomínají chudozubé, s nimiž však nejsou příbuzní *(konvergence)*. Mají silně hrabavé pětiprsté nohy s drápy při chůzi složenými nazad. V jejich potravě převládají mravenci a termiti. Ze sedmi žijících druhů je nejpočetnější západoafrický stromový **luskoun dlouhoocasý** *(Manis longicaudata)* s ovíjivým ocasem.

◇ Řád: **Hlodavci** *(Rodentia)*

Hlodavci jsou druhově nejpočetnější savčí řád na světě. Jde zpravidla o malé až střední druhy s jednotnou anatomickou stavbou, rychlým rozmnožováním, krátkou dobou březosti a velkým počtem mláďat, která se mohou dále množit ještě v roce svého narození. Často se přemnožují. Jsou býložraví, převážně semenožraví, příp. všežraví. Mají typický chrup s trvale dorůstajícími hlodavými řezáky, které jsou dlátovitě zbroušeny *(mají sklovinu pouze vpředu)*. Místo špičáků je mezera *(diastema)*. Hlodavci jsou rozšířeni po celém světě. Přizpůsobili se k životu na souši i u vody, v lesích, ve stepích, polopouštích, na polích, na stromech, některé druhy se přidružily k lidským obydlím a jsou významnými škůdci, hostiteli obtížných parazitů a zdrojem nákaz.

Patří mezi ně **veverka obecná** *(Sciurus vulgaris)*, stromový druh, s nápadnými štětičkami chlupů na ušních boltcích.

Svišť horský *(Marmota marmota)* obývající horské sutě nad horní hranicí lesa. Je znám svým svištivým zvukem, jímž upozorňuje ostatní příslušníky svého druhu na nebezpečí.

Sysel obecný *(Citellus citellus)* je stepní druh, živící se semeny trav. Žije v koloniích v norách.

Bobři jsou obojživelní hlodavci se shora dolů zploštělým ocasem a plovací blánou na zadních nohách. **Bobr evropský** *(Castor fiber)* byl u nás vyhuben koncem první poloviny 18. století. Od té doby se datují pokusy s jejich opětným zavedením např. na Šumavě, v CHKO Litovelské Pomoraví aj.

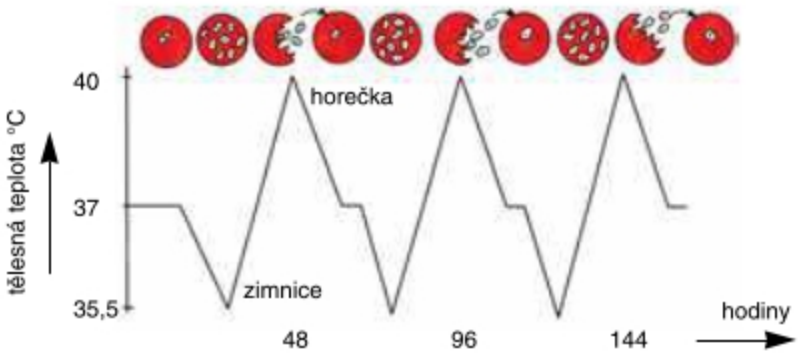
Skandinávii a Sibiř obývá **poletuška slovanská** *(Pteromys volans)* s osrstěnou kožní blánou, umožňující klouzavé plachtění z výše položených míst na stromech *(konvergence s řádem letuch)*.

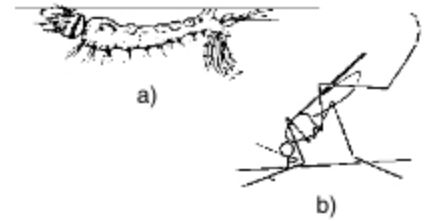
Poletuška slovanská

Křeček polní *(Cricetus cricetus)* obývá stepní oblasti i obdělávaná pole. Žije v norách. Má lícní torby, v nichž přenáší obilná zrna. Na severu Evropy je svými hromadnými migracemi znám **lumík norský** *(Lemmus lemmus)*. Náš nejhojnější hlodavec je **hraboš polní** *(Microtus arvalis)*. V zahrádkách často škodí zejména ohryzem kořenového systému jab-

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: ŽIVOČICHOVÉ

VÝVOJOVÝ CYKLUS KRVINKOVEK



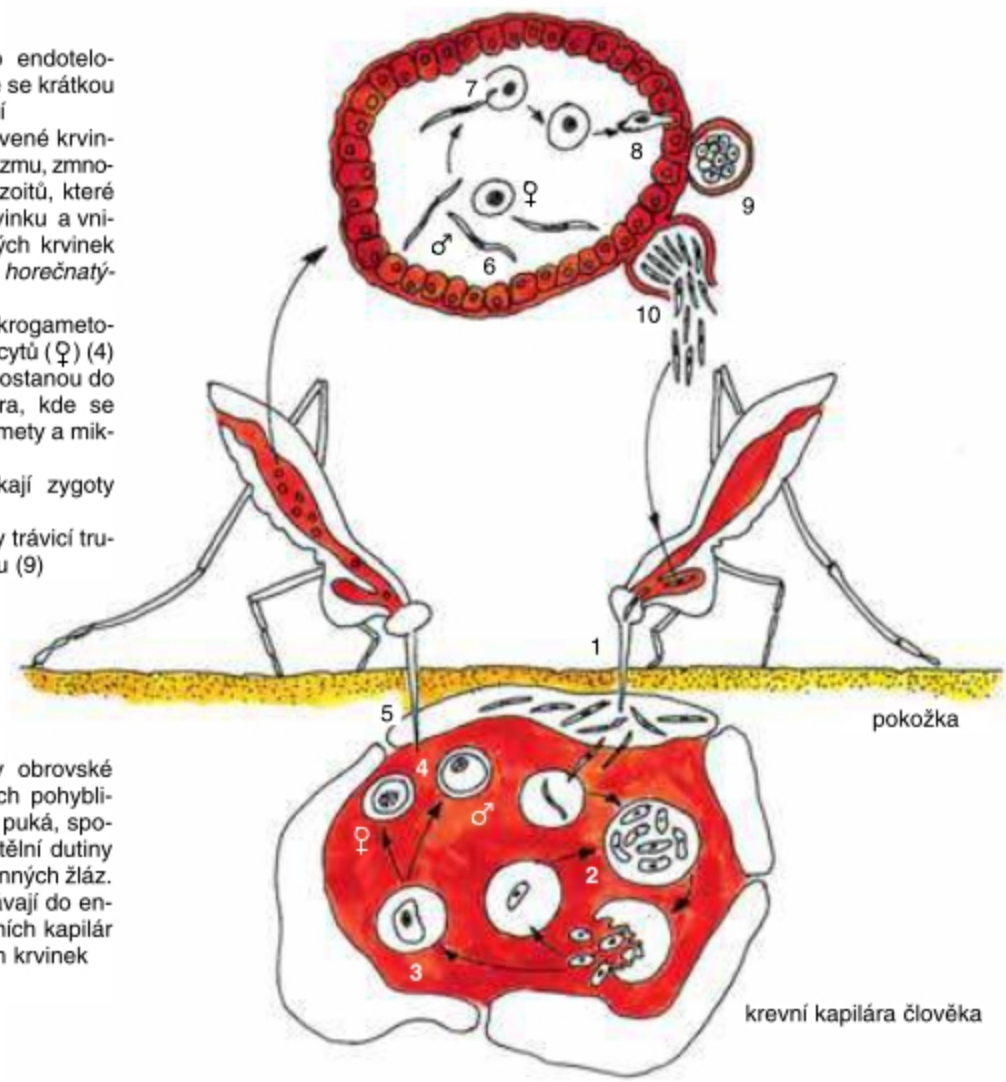


Přenašečem krvinkovek jsou samičky komára rodu Anopheles

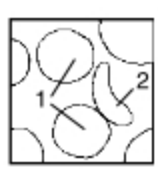
a) larvy Anophela splývají s hladinou
b) typická poloha těla při sání

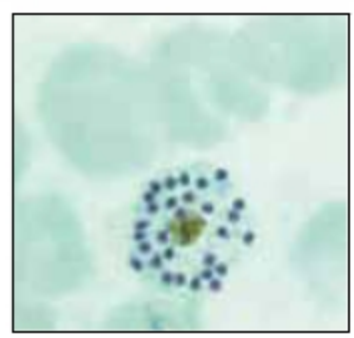
1 – sporozoiti pronikají do endotelových buněk kapilár, kde se krátkou dobu množí schizogonií
2 – sporozoiti napadají červené krvinky, pohlcují jejich cytoplazmu, zmnožují se za vzniku merozoitů, které opouštějí červenou krvinku a vnikají do dalších červených krvinek *(tato fáze je provázena horečnatými stavy)*
3 – tvorba gametocytů: mikrogametocytů (♂), makrogametocytů (♀) (4)
5 – gametocyty se sáním dostanou do trávicí soustavy komára, kde se dále vyvíjejí v makrogamety a mikrogamety (6)
7 – gamety kopulují, vznikají zygoty *(ookinety)*
8 – ookineta vniká do stěny trávicí trubice a mění se na cystu (9)

10 – obsah cysty se dělí v obrovské množství jednojaderných pohyblivých sporozoitů. Cysta puká, sporozoiti se dostávají do tělní dutiny komára a posléze do slinných žláz. Odtud se při sání dostávají do endotelových buněk krevních kapilár a posléze do červených krvinek

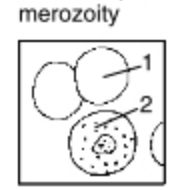


A. počáteční stadium
1 – červené krvinky
2 – sporozoit





B. pokročilé stadium
1 – zatím nenapadené červené krvinky
2 – napadená červená krvinka s pomnoženými merozoity

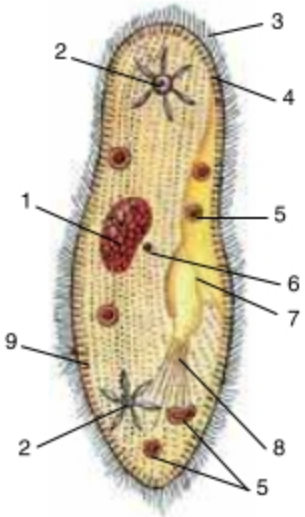


Roztěr krve člověka trpícího malárií v zorném poli mikroskopu *(zvětšeno 2000x).*

Krásnoočko

1 – buněčné jádro, 2 – bazální tělísko, 3 – světločivná skvrna, 4 – bičík, 5 – chloroplasty

Trepka velká



1 – makronukleus, 2 – pulsující vakuoly, 3 – brvy, 4 – pelikula, 5 – potravní vakuoly, 6 – mikronukleus, 7 – ústní políčko, 8 – buněčná ústa, 9 – trichocysty

Nepohlavní rozmnožování trepky příčným dělením

Hlemýžď zahradní

Páskovka pruhovaná

Plzák lesní

Srdcovka jedlá
(4 cm)

Loděnka hlubinná

Škeble rybničná
(až 20 cm)

Symbióza raka poustevníčka mořského a sasanky plášťové

Medúza
∅ *(30 cm)*

Talířovka ušatá ∅ *(30–40cm)*

1 – Škulovec široký
2 – Tasemnice bezbranná
3 – Tasemnice dlouhočlenná

Motolice jaterní

samička po nasátí

Klíště obecné

Rak říční

Hrotnatka obecná
(1–2 mm)

Křižák obecný

Blešivec obecný
(2 cm)

Chobotnice obecná

Stonožka škvorová

Chvostoskoci

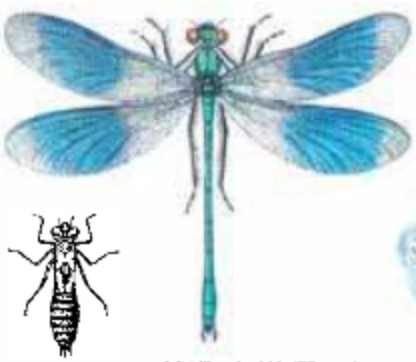
Allacma fusca (2,5 mm)

Škvor obecný

Rybenka domácí

Jepice
(22 mm)

nymfa jepice



nymfa vážky

Motýlice lesklá *(55 mm)*

Jepice
– plochý typ nymfy

Saranče stěhovavé

Kudlanka nábožná

Kobylka zelená

Krtonožka obecná *(5 cm)*

Ploštice
(ruměnice pospolná)

Ovrček polní *(2–3 cm)*

Ovrček domácí

Včela medonosná *(Apis mellifica)*

1 – matka, 2 – trubec, 3 – dělnice, 4 – vývoj včely v plástu

1 2 3

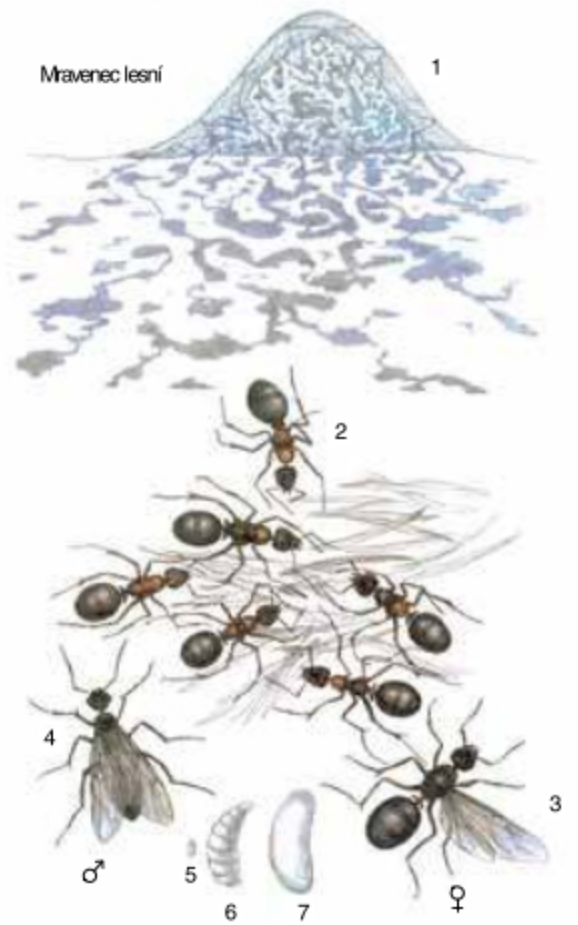
I. fáze

II. fáze
a)
b)
c)
d)

Fáze kladení vajíček včelí matkou (I., II.)

4
a) vajíčko
b) dvoudenní larva
c) čtyřdenní larva
d) kukly různého stáří

Mravenec lesní



1 2 3 4 5 6 7 ♂ ♀

1 – mraveniště, 2 – dělníci, 3 – dospělá samice, 4 – dospělý samec, 5 – vajíčko, 6 – larva; 7 – kukla

Slunéčko sedmitečné

Potápník vroubený

Mandelinka bramborová

Střevlík zahradní

Pakomár kouřový
(11–12 mm)

Komár útočný
(5–6 mm)

Tesařík obrovský

larva

Lýkožrout smrkový *a jeho požerek v kůře*

Moucha domácí

Sršeň obecná

Čmelák zemní

Vosa útočná

Rejnok ostnatý

Mihule říční

larva (20 cm)

Otakárek fenyklový

kukla

larva

Žralok kladivoun
(3–4 m)

larva

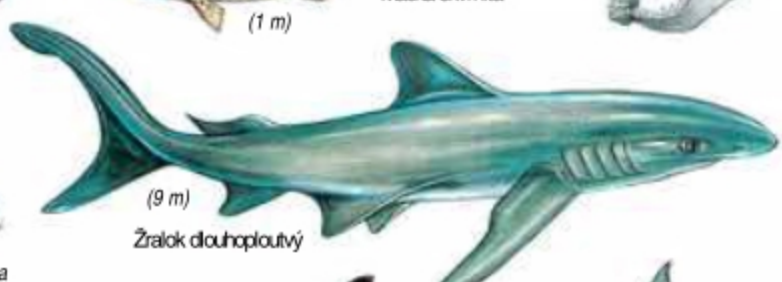
Jasoň červenooký

Máčka skvrnitá
(1 m)

čelist žraloka

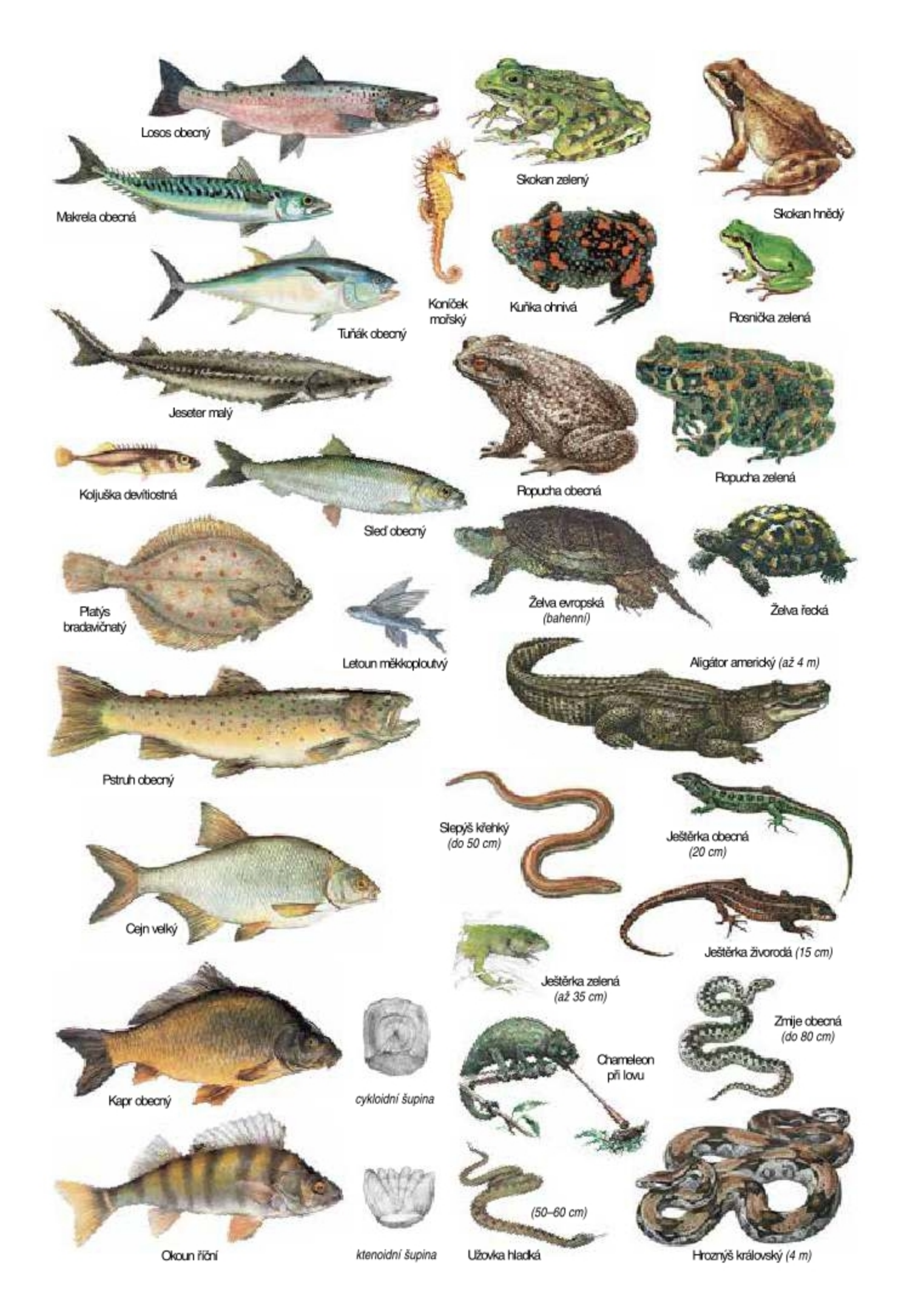
Martináč hrušňový
(rozpětí křídel až 14 cm)

larva



(9 m)
Žralok dlouhoploutvý

Žralok černoploutvý
(3–4 m)


Losos obecný
Makrela obecná
Tuňák obecný
Jeseter malý
Koljuška devítiostná
Sleď obecný
Platýs bradavičnatý
Letoun měkkoploutvý
Pstruh obecný
Cejn velký
Kapr obecný
cykloidní šupina
Okoun říční
ktenoidní šupina
Koníček mořský
Skokan zelený
Kuňka ohnivá
Ropucha obecná
Želva evropská (bahenní)
Aligátor americký (až 4 m)
Slepýš křehký (do 50 cm)
Ještěrka zelená (až 35 cm)
Chameleon při lovu
(50–60 cm)
Užovka hladká
Skokan hnědý
Rosnička zelená
Ropucha zelená
Želva řecká
Ještěrka obecná (20 cm)
Ještěrka živorodá (15 cm)
Zmije obecná (do 80 cm)
Hroznýš královský (4 m)

Čáp bílý
Bukáček malý ♂
Potápka roháč
Čejka chocholatá
hnízdní šat
Racek chechtavý
zimní šat
Tučňák patagonský
Kachna divoká ♂
Hrdlička divoká
Holub hřivnáč
Hrdlička zahradní
Husa velká
Volavka popelavá
Kukačka obecná
Bekasina otavní
Káně lesní
Ostříž lesní ♂
Poštolka obecná ♀
Krahujec obecný
Tetřev hlušec ♀ ♂
Bažant obecný ♀ ♂
Koroptev polní
Papoušek šedý
Kakadu
Kalous ušatý
Rosela
Sova pálená
Korela šedá
Jeřáb popelavý
Křepelka polní
Drop velký
Lyska černá
Andulka vlnkovaná
Výr velký
Sýček obecný
Puštík obecný

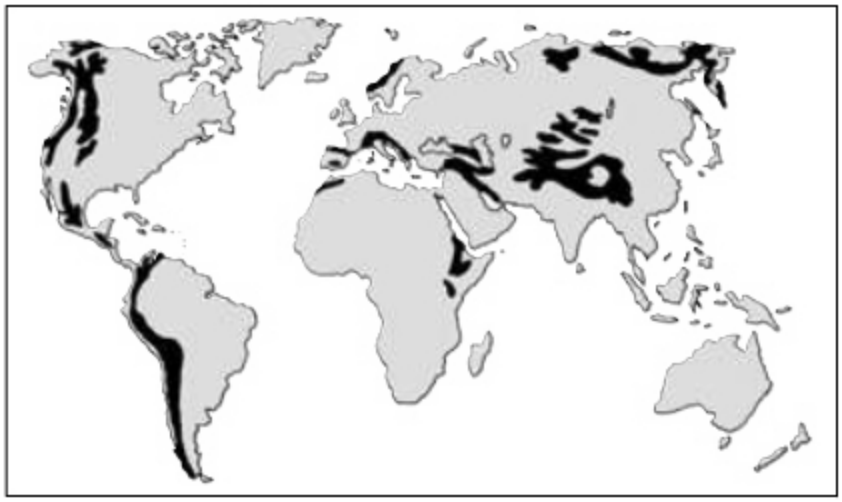
Ledňáček říční
Datel černý
Dudek chocholatý
Brhlík lesní
Žluna zelená
Konipas bílý
Skřivan polní
Strnad luční
Chocholouš obecný
Sýkora koňadra
Sýkora modřinka
Sýkora parukářka
Krkavec velký
Kavka obecná
Ťuhýk obecný
Jiřička obecná
Vlaštovka obecná
Břehule říční
Kos černý
Drozd kvíčala
Slavík obecný
Hýl obecný
Stehlík obecný
Pěnkava obecná
Zvonohlík obecný
Vrabec domácí
Žluva hajní
Straka obecná
Havran polní
Sojka obecná
Vrána obecná černá a šedá
Ježura australská
Koala
Ptakopysk podivný
Vakovlk
Vačice opossum
Klokan obrovský
(samice s mládětem)

Ježek západní
Rejsek vodní
Krtek obecný
Vrápenec velký
Tana obecná
Netopýr večerní
Netopýr velký
Gorila obecná
♂
♀
Šimpanz učenlivý
Orangutan sundský
Vývoj člověka
a) Homo erectus
b) Homo sapiens praesapiens
c) Homo sapiens neanderthalensis
d) Homo sapiens (cromagnon)
e) Homo sapiens sapiens
a)
b)
c
d)
e)
Nártoun filipínský
Vřešťan rezavý
Lemur kata
Lenochod dvouprstý
Veverka obecná
Mravenečník velký
Křeček zlatý
Malpa kapucínská
Kočkodan zelený
Luskoun dlouhoocasý
Pásovec devítipásý
Křeček polní
Gibon lar
Pavián pláštíkový
Bobr evropský
Ondatra pižmová

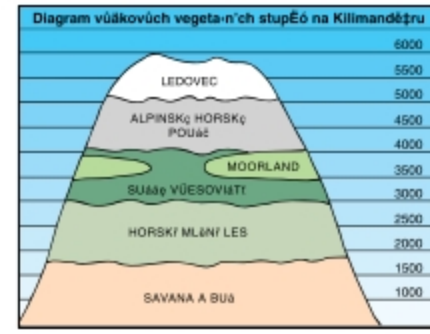
Potkan
Myš domácí
Promyka mungo
Hyena skvrnitá
Krysa obecná
Myška drobná
Puma americká
Hryzec vodní
Lumík norský
Kočka domácí
Nornik rudý
Myšice lesní
Myšice polní
Ondatra pižmová
Levhart skvrnitý
Lev východoafrický
♂
♀
Morčata (různé formy)
Králík divoký
Tygr indický
Dikobraz
Rys ostrovid
Zajíc polní
Fenek berberský
Liška obecná
Medvěd hnědý grizzly
Panda velká
Vlk
Jezevčík dlouhosrstý
Šakal obecný
Medvěd lední
Tchoř tmavý
Kojot prériový
Jezevec lesní
Vydra říční
Německý ovčák
Sobol asijský
Lasice kolčava
Lasice hranostaj
letní srst
zimní srst
Pudl
Bernardýn

Tapír jihoamerický
Osel africký
Gazela Thomsonova
Žirafa mramorovaná
Kudu velký
Nosorožec dvourohý
Přímorožec arabský
Plypouš sloní
Kamzík horský
Pakůň žíhaný
Kůň Převalského
Zebra stepní
Zubr evropský
Muflon
Prase divoké
Velbloud jednohrbý
Delfín obecný
Delfín skákavý
Smec obecný
Narval jednorohý
Jelen evropský
Kosatka dravá
Los evropský
Hroch obojživelný
Plejtvák obrovský
Daněk skvrnitý
Sob polární
Vorvaň tuponosý

ŽIVOČICHOVÉ PŘIZPŮSOBENÍ PODMÍNKÁM VYSOKOHORSKÉHO PROSTŘEDÍ



Různá pohoří obývají různé druhy rostlin a živočichů. Mnohá přispůsobení jsou podobná těm, která pozorujeme u organismů žijících v polárních oblastech. Životní podmínky v horách se velmi liší, neboť výškový rozdíl 70 m se rovná rozdílu v zeměpisné šířce 1°, tj. přibližně 100 km. Se zvyšující se nadmořskou výškou prudce klesá teplota, snižuje se obsah kyslíku, zvyšuje se podíl UV složky slunečního záření. Množství srážek v jednotlivých výškových stupních je rozdílné.



Irbis *(sněžný levhart)* je vzácná a skrytě žijící šelma vysokohorských oblastí Střední Asie. Pro svou krásnou kožešinu byl téměř vyhuben.

Příkladem mohou být rovníkové velehory v Africe *(KEŇA, ELGON, KILIMANDŽÁRO)*. Tyto velehory se podobají pevninským ostrovům, odděleným stovkami kilometrů savany. Především Kilimandžáro je přírodní laboratoří s ukázkovým vývinem všech vegetačních stupňů. Okolí hory tvoří *savana* s trsy trav a s roztroušenými stromy (akáciemi). Část tohoto podhůří je zkultivována na pole a plantáže. Od 1 500 m n. m. do 2 800 m n. m. je pásmo *horského mlžného lesa* s hustými porosty bambusů. Ve výškách 3 000 m n. m. přechází horský les do specifických křovinatých porostů *(převládají vřesovcovité rostliny) – vřesovištní společenstva*. Srážky oproti pásmu horského lesa jsou zde poloviční. O něco výše, na vlhčích místech *(svazích a plošinách)* se nacházejí vysokohorská rašeliniště *moorland*, tvořená především porosty starčků, zásadně se odlišujících od evropských. Ve výškách 4 000 až 5 000 m n. m. naprší jen asi 250 mm za rok. Proto tento alpinský stupeň má charakter *horské pouště* s lišejníky a s trsy slaměnek. Vrcholovou zónu tvoří *ledovec*.

Orel skalní je největší z orlů. Obývá horstva celé Evropy, Altaj, hory Střední Asie, Číny, Severní Ameriky. Krouží ve velkých výškách a vyhledává kořist.

Horský mlžný les.

MOORLAND
s porostem starčku.

Jak divoký se potuluje po náhorních plošinách Tibetu až do výšky 6 000 m n. m. Pod dlouhou hrubou srstí má jemnou vlnitou podsadu. Snáší teploty klesající pod –40 °C.

Svišť horský obývá horské louky. Buduje systém nor. Zimní spánek svištů trvá 6–7 měsíců. Během spánku nepřijímají potravu.

Lamy jsou přizpůsobeny drsným podmínkám a řídkému vzduchu v Andách. Jsou používány k nošení nákladů, poskytují maso a vlnu.

Kozorožec horský je dokonalý specialista pohybující se elegantně po strmých stěnách velehor. Vnitřní plocha jeho kopyta je měkká a přilne pevně k podkladu, rohovité okraje kopyta jsou však mimořádně tvrdé.

PAVOUCI

Samička zápředníka dokáže dvakrát ohnout list rákosu, v němž hlídá snůšku svých vajíček.

Dne 28. července 1973 celý svět v přímém televizním přenosu přihlížel s úžasem, jak v kosmické lodi pohybující se po oběžné dráze, v nesmírně obtížných podmínkách stavu beztíže každá z dvou samiček křižáka na její palubě vytvořila geometricky dokonalou pavučinu. Stejný zážitek můžeme mít při pozorování tisíců pavučin ve svém okolí takřka denně. Důvodů k obdivu schopností pavouků je totiž stále dost. Vždyť pavouk vytvoří obrovskou akční plochu pavučiny při nepatrném množství použité hmoty! Dokonce může vytvářet i několik typů vláken s odlišnými vlastnostmi *(nosná vlákna tvořící kostru pavučiny, lepivé vlákno chytací spirály, příchytné terčíky jisticího vlákna, vlákna stěn kokonů, předivo k obalení kořisti; spřádají si jimi hnízda, vystýlají své podzemní úkryty)*, přičemž pevnost jeho konstrukčních vláken je ve srovnání s vlákny bource morušového dvojnásobná! Princip tvorby pavoučího vlákna tuhnutím tekutého fibroinu polymerací při styku se vzduchem inspiroval i techniky v průmyslové výrobě viskózového hedvábí a nylonových vláken. Zajímavá jsou četná morfologická, anatomická a funkční přizpůsobení pavouků i jejich unikátní etologické projevy *(např. zásnubní chování, manželský kanibalismus, péče o potomstvo…)*, umožňující adaptaci k životu v nejrůznějším suchozemském prostředí. Samičky pavouků vytvářejí z pavučinových vláken ochranná pouzdra svých vajíček – kokony. Při každodenní obnově lepivé spirály pavouci současně svými fermenty rozpouštějí již nepotřebná vlákna své sítě a nasávají je k dalšímu použití *(bezodpadový režim)* a ve svém organismu nesmírně úsporně hospodaří s vodou.

Samičky křižáků staví velké kolové sítě.

Detail břišní stěny těla samičky křižáka se zřetelnými chelicerami, kyčlemi čtyř párů kráčivých nohou a snovacími bradavkami.

V lesích spřádá svou podzemní pavučinu punčoškář zemní.

Dnes hojný křižák pruhovaný byl u nás objeven až v roce 1991.

Zápředka zvonečková obaluje svůj kokon i hlínou.

Naším nejhojnějším druhem pavouka je křižák obecný.

PAVOUCI

Dokonalá koordinace smyslových a pohybových orgánů pavouka přispívá k jejich pohotové reakci. Ve své síti se skvěle orientují podle rozdílného napětí v jejích různých částech. Hbitě se na pavučině pohybují *(zdaleka nejsou všechna vlákna lepivá!)*. Ke zmítající se kořisti běží najisto, vždy po paprskovém vlákně pavučiny. Z více než 37 000 známých druhů pavouků žije na území ČR asi 830 druhů, řazených do 38 čeledí. Někteří z nich, např. slídáci nebo skákavky pavučinu netvoří a kořist loví přímo. Pavouci se šíří převážně aeronauticky, tedy unášivými vlákny vzdušným prouděním. Všichni pavouci jsou draví. Živí se převážně býložravým hmyzem, čímž významně přispívají k ekologické rovnováze přírodních ekosystémů. Kořist usmrcují jedem svých chelicer *(přitom žádný druh pavouka žijící na našem území nemůže ohrozit zdraví nebo život člověka!)*. Mimořádně účinnými trávicími šťávami tkáně své kořisti zcela rozpustí a následně je vysají. Pavouci citlivě reagují na měnící se klimatické a antropogenní vlivy. Jejich systematickým pozorováním tak získáváme cenné informace o měnící se kvalitě našeho společného životního prostředí. Jako predátoři jsou pavouci významným článkem potravního řetězce a při koloběhu látek a toku energie v ekosystémech je jejich role nezastupitelná.

Samičky lovčíka hajního nosí kulovitý kokon se svými vajíčky pod tělem. Pootevřený kokon lovčíka hajního s líhnoucími se pavoučky.

(Dvoustrana „Pavouci" byla připravena ve spolupráci s RNDr. A. Kůrkou ze zoolog. oddělení Národního muzea v Praze. *Foto: RNDr. A. Kůrka)*

Nápadně vybarvený sameček skákavky rudopásé.

Křižák skvostný má kresbu ve tvaru dubového listu.

Pro plachetnatky je charakteristický pohyb na spodní straně pavučiny.

Mimořádně vyvinutý pár středních očí umožňuje skákavkám lovit kořist plížením a skokem.

Meta podzimní tvoří typické sítě „s okénkem" uprostřed.

Jediným druhem pavouka schopným žít ve vodě je vodouch stříbřitý.

Běžníci loví svou kořist na květech.

RACI

Kontrolní odchyt raků elektrickým agregátem v typickém prostředí jejich výskytu.

Kriticky ohrožený druh naší fauny **rak říční** obývá Zemi přes půl miliardy let. V našich říčkách a potocích byl ještě v nedávné minulosti zcela běžný a velmi početný. Rak říční je náročný na množství kyslíku rozpuštěného ve vodě. Preferuje alkalickou vodu. Je citlivým bioindikátorem kvality vodního prostředí. Výskyt raků indikuje dlouhodobě dobrý přirozený stav příslušného toku a jeho okolí. I slabé a jednorázové znečištění vyhubí totiž po proudu celou račí populaci. Vzhledem ke svému existenčnímu ohrožení jsou raci chráněni zákonem. Koncem 19. století byla populace raka říčního ve střední Evropě zdecimována „račím morem" *(původce Bacillus pesti astaci a plíseň Aphanomyces astaci).* Následně byl vysazován odolnější východoevropský druh **rak bahenní** *(s typicky dlouhými štíhlými klepety bez zářezu).* S dobrým úmyslem ale hlavně z neznalosti je v posledních letech u nás amatérsky šířen severoamerický druh **rak signální** se světlou skvrnou v místě styku pohyblivé a nepohyblivé části klepeta. Agresivně vytlačuje z lokalit raka říčního, a i když je k račímu moru rezistentní, sám ho přenáší. V letech 1985–1990 proběhla v rámci aktivit Českého svazu ochránců přírody „Akce rak", která soustředila pozornost

Sameček raka má první dva páry zadečkových nožek přeměněny v kopulační nožky *(šipka!).*

Raci se skrývají ve spleti kořenů olší a vrb v převislých březích potoka.

Přední část hlavohrudi raka říčního *(2 páry typických hrbolů za očima, špičaté rostrum, antenuly, antény, stopkaté oči).*

Spodní část těla samičky raka říčního *(oplozená vajíčka překrytá ochrannou blánou, bílé zbytky naleptaných spermatoforů).*

Vylíhlí ráčci se asi měsíc ukrývají v prostoru zadečkových nožek samičky.

RACI

veřejnosti a zejména mládeže k problematice čistoty vod. Bylo zdokumentováno přes 500 lokalit jeho výskytu u nás, byl uskutečněn záchranný transfer raků z desítek ohrožených lokalit a zmapováním výskytu nepůvodních druhů raků zahájena první fáze útlumu jejich rozšíření. Byla vypracována i metodika úspěšného umělého odchovu raka říčního a jeho zpětného vysazování do volné přírody a iniciován trend revitalizace toků s cílem dosáhnout zlepšení ukazatelů jejich kvality.

(Tato příloha byla připravena ve spolupráci s garantem záchranného projektu ČSOP „Akce rak" RNDr. M. Holzerem z CHKO Litovelské Pomoraví, *Foto: M. Holzer a P. Tomáš)*

Klepeta raka říčního mají zřetelné zářezy.

Rak bahenní má štíhlá dlouhá klepeta.

Zavlečený druh rak signální *(světlá skvrna v místě styku ramen klepeta).*

Svým zbarvením se rak říční přizpůsobuje podkladu.

Detail klepeta raka říčního.

Práce v umělé odchovně raků říčních.

Vysazování raka říčního do jeho přirozeného prostředí.

Příkladem úspěšné revitalizace je rakem říčním osazený Zvonkový potok v Orlických horách.

KLÍNĚNKA JÍROVCOVÁ

Dospělci klíněnky jírovcové mají rozpětí křídel kolem 7 mm. Jejich základní barva je červenozlatěokrová s bílými příčkami vně lemovanými úzkým černým lemem. Čelo mají stříbřité, týl je červenohnědý. Jejich tykadla téměř dosahují délky předních křídel. Zadní křídla jsou péřitá.

V posledním desetiletí si v letních měsících nelze nevšimnout nemocných porostů jírovce maďálu, na jehož listech se objevuje v červnu vždy několik hnědých skvrn, které se rozrůstají a splývají. Během několika týdnů jsou celé listy červenohnědé, sesychají a od špičky a od okrajů se svinují. Toto onemocnění způsobuje drobný motýlek klíněnka jírovcová – *Cameraria ohridella (motýli – Lepidoptera)*, který byl v Evropě zjištěn poprvé roku 1984 u Ohridského jezera v Makedonii. Patrně větrnými proudy úspěšně expanduje po kontinentu *(1992 zjištěn v Itálii a v Rakousku, 1993 v Maďarsku a ČR /Lednice/, 1994 v Německu)*. Od roku 1997 je rozšířen po celém území ČR. Klíněnky přezimují ve spadaném listí jírovců ve stádiu kukly. Jarní generace klíněnek se líhne zpravidla v druhé dekádě dubna. V té době klíněnky sedají na tmavých svislých plochách *(tedy na kmeni jírovců)* ve výšce 2–3 m. Samičky po oplození kladou vajíčka na listy nejspodnějších větví *(červnová generace klade na listech středního patra větví a 3., srpnová generace již klade na listech v nejvyšší části koruny jírovců)*. Larvičky klíněnek se spodní částí vajíčka přiléhající k listu prokoušou přímo do asimilačního palisádového parenchymu, v němž vysávají tekutý obsah buněk. Vznikají tak dutinky, zv. podkopěnky *(miny)*, v nichž se larvy zakuklí v pevném

Ploché larvy klíněnek, dorůstající 4 mm, jsou viditelné při prosvítajícím světle v horní části listu.

Vylíhlé klíněnky mají výraznou afinitu k svislým tmavým plochám.

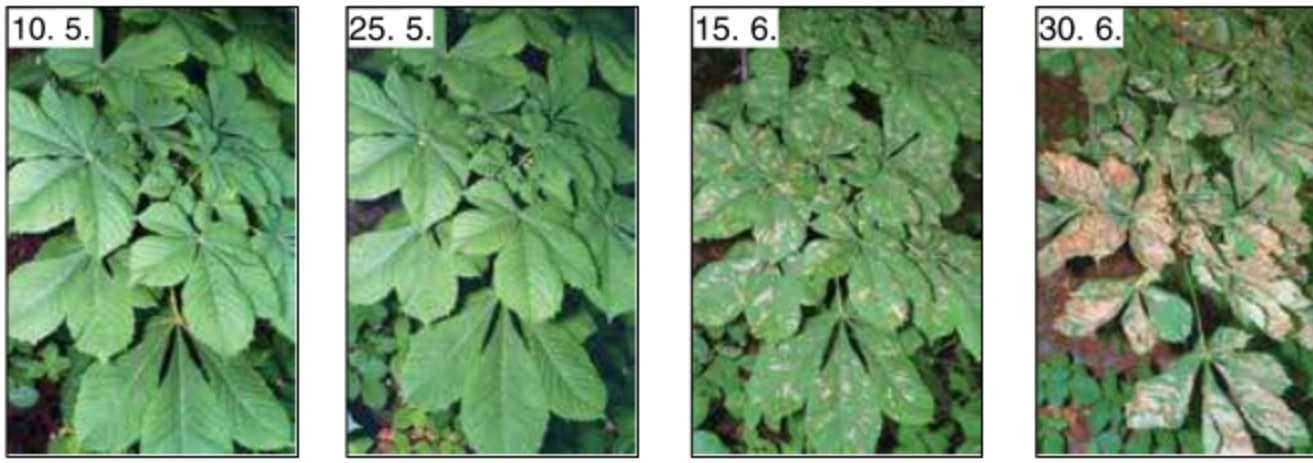
Tělní články larev klíněnky jsou silně bočně vyklenuté. Trus larvy tvoří nápadné tmavé skvrny *(horní pokožka listu odpreparována)*.

Podmínkou vylíhnutí klíněnky je proražení horní listové pokožky, v níž se kukla mechanicky zachytí.

KLÍNĚNKA JÍROVCOVÁ

pergamenovitém zápředku, který prorazí horní listovou pokožku. Z nich se pak líhne další generace klíněnek. Optimistickým zjištěním pro možné snížení populace klíněnky jírovcové je objev 7 druhů jejích parazitoidů *(M. Mráz)*. Klíněnka se rozmnožuje s nebývalou intenzitou *(až 5 generací ročně)*. Z jediného páru může během jednoho vegetačního období vzniknout až 1200 potomků. Při tlumení výskytu klíněnek jírovcových se jako nejúčinnější jeví včasné a důsledné vyhrabání listí a jeho likvidace spalováním. Případná chemická ochrana přináší riziko likvidace potenciálních parazitoidů klíněnek *(použití některých látek je ve stádiu výzkumu)*. Významný pokrok v poznání bionomie klíněnky jírovcové učinil za svých středoškolských studií, v rámci projektu pro SOČ, brněnský gymnazista Marek Mráz, který je koordinátorem projektu „Stromy v tísni" při *Nadačním fondu – Národní centrum pro trvale udržitelný rozvoj (Černého 17, 635 00 Brno, tel: 602 524 222)* a poskytuje rady a informace zájemcům o problematiku klíněnky jírovcové.

Odumřelé listy v korunách jírovců v létě ostře kontrastují se svěží zelení nenapadených dřevin *(buk)*. *(Foto dvoustrany: Ing. Petr Dzik)*



Fáze napadení listů jírovce klíněnkou.

V srpnu, zhruba 120 dní od vyrašení, je asimilační plocha listů jírovců napadených klíněnkou z 90 % nekrotizována.

Asi 2 % napadených jírovců na přelomu léta a podzimu znovu vyraší.

RYBNÍKÁŘSTVÍ

Kromě chovu ryb jsou rybníky i esteticky působivým krajinotvorným prvkem.

Chov ryb v uměle vytvářených akvasystémech – rybnících – má u nás téměř tisíciletou tradici. Umožňuje produkční využití močálovité půdy a málo úrodných zemědělských ploch. Největšího rozvoje dosáhl v 16. století. V současnosti je v ČR 54 000 ha rybníků. Přírodní podmínky každého rybníka jsou rozdílné. Optimální rybářské využití každého z nich tedy vyžaduje individuální obhospodařování. Původní přirozená výtěžnost rybníků *(asi 40 kg z hektaru)* dnes uplatněním vědeckých poznatků a moderní technologie chovu překračuje 400 kg.ha^{-1}. Rybník tedy není jen nějaká terénní nerovnost zalitá vodou, v níž žijí ryby, které se čas od času vyloví. V terénu musí být umístěn tak, aby mohl být průtočný, vypustitelný a slovitelný. Musí mít pevnou a bezpečnou hráz s přelivem proti povodni. Jeho voda nemá prosakovat do okolí. Rybníky jsou budovány odlišně podle toho, slouží-li k vytírání chovných ryb, k odchovu plůdku, nebo jde-li o rybníky určené pro chov tržních ryb.

Hráz Rožmberského rybníka, dokončená v roce 1590, je dlouhá 2400 m.

Pro výtěr kaprů se užívají zatravněné Dubraviovy rybníčky.

Otvory v ledu unikají rozkladné plyny a proniká světlo, nezbytné pro fotosyntézu kyslíku řasami.

Vůči přírodě nejšetrnější je způsob odstraňování nánosů ze dna zbahnělých rybníků sacím bagrem.

Výpustí můžeme regulovat průtočnost vody rybníkem a udržovat výši jeho vodní hladiny.

Sítě přívodných a odvodných stok rybniční soustavy je nutno pravidelně čistit *(i ručně)*.

Postupným zatápěním osetých okrajů rybníka a hnojením podporujeme rozvoj přirozené potravy kapřího plůdku.

RYBNÍKÁŘSTVÍ

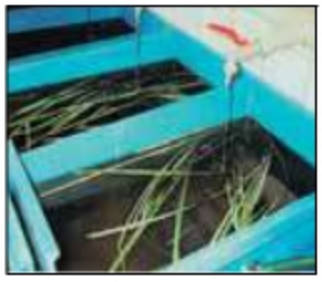
Rybníky plní i další funkce – jako rezervoáry vody přispívají k vyrovnané vodní bilanci krajiny, příznivě ovlivňují její klima, podílejí se na zadržování přívalových vod, v obcích plní i funkci protipožární. Vytěženým bahnem vráceným na pole můžeme mírnit účinky půdní eroze. V okrajových porostech rybníků bývají hnízdiště vodního ptactva a na některých rybnících se těží např. rákos nebo orobinec. Kumulovaná voda plnila v minulosti i další vodohospodářské funkce: sloužila k pohonu mlýnů, valch, hamrů a pil, umožňovala i plavení dřeva *(dnes se např. využívá k pohonu malých vodních elektráren)*. Některé rybníky mají funkci rekreační. Hlavní funkcí rybníků je ale produkce tržních ryb *(zejména kaprů)*, která se uskutečňuje ve tří až čtyřletých cyklech v rybnících s odděleními věkovými kategoriemi ryb. Rybám je celoročně věnována soustavná promyšlená péče, zajišťující jejich cílevědomou plemenitbu, dobrý zdravotní stav a optimální výživu pro jejich růst.

Příloha Rybníkářství byla připravena ve spolupráci se Střední rybářskou školou a Vyšší odbornou školou vodního hospodářství a ekologie ve Vodňanech, která připravuje odborníky pro rybářství a vodní hospodářství. *(Foto dvoustrany ing. Karel Dubský.)*

Chovné ryby jsou označovány vymrazováním značky tekutým dusíkem.

Nejefektivnější metodou reprodukce ryb je umělý výtěr.

„Zugské láhve“ se spodním proudem vody jsou v podstatě inkubátory, v nichž je jikrám zajištěn optimální vývoj.



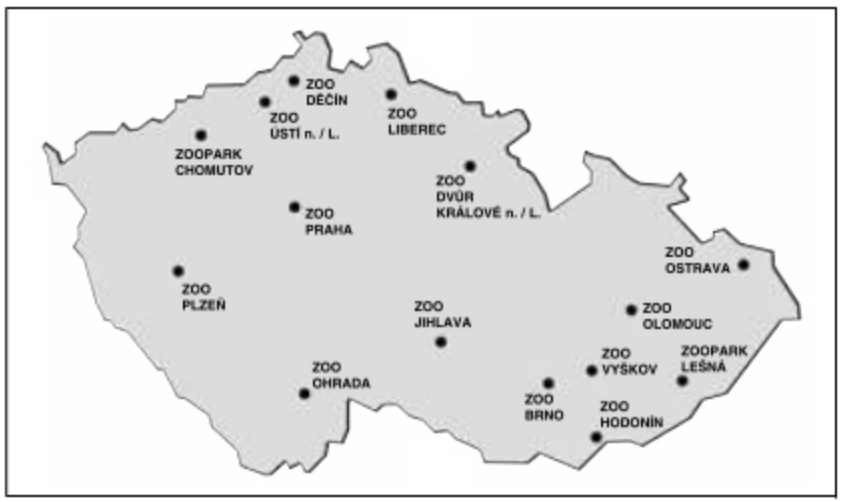
Vykulený kapří plůdek musí mít i v umělé líhni rostliny, na něž se zavěšuje.

Odrostlý kapří plůdek se počátkem 2. roku života vejde do dlaně.

Kontrolními odlovy se zjišťuje zdravotní stav a přírůstky ryb.

Čtyřletý hospodářský cyklus chovu tržních kaprů je ukončen tradičním výlovem.

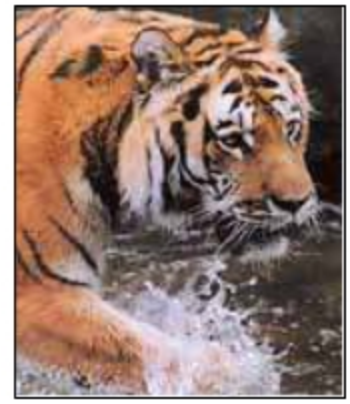
ZOOLOGICKÉ ZAHRADY



jsou významná kulturní zařízení s nezastupitelnou rolí ve výchově člověka k citovému vztahu ke zvířatům a k jeho vnímavým postojům k přírodě Jsou i místem vědeckého výzkumu a zdrojem většiny biologických a fyziologických dat o zvířatech, cenných údajů o vzájemných vztazích zvířat, o jejich vzájemné komunikaci, společenském chování, strategiích rozmnožování, péči o potomstvo atp. Vytvářejí prostředí k záchraně druhů v přírodě ohrožených civilizačními zásahy člověka. ZOO poskytují útočiště i zraněným zvířatům z volné přírody. Zájemcům o domácí chov živočichů poskytují odborné rady a konzultace. Pro některé živočišné druhy jsou jedinou nadějí pro přežití na této planetě. Počet uznávaných ZOO, četnost jejich úspěšných odchovů vzácných druhů zvířat, výsledky výzkumů, soustavná snaha vystavovat co největší počet zajímavých druhů zvířat a přibližování jejich výběhů přírodním podmínkám jsou mírou kulturní úrovně příslušné země i jejího důrazu na morální závazek lidstva k civilizací narušované přírodě.

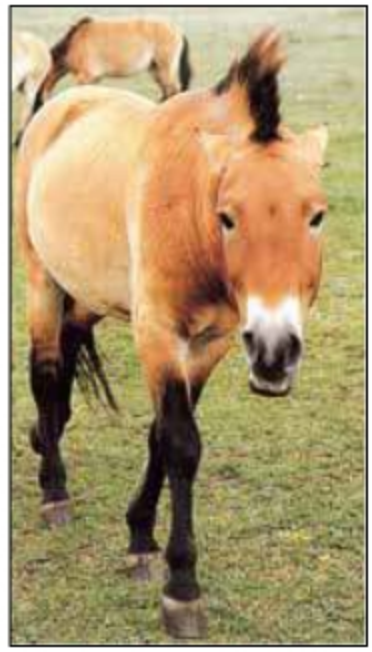
Úspěchem Podkrušnohorského zooparku v Chomutově je chov sajgy tatarské.

ZOO Ohrada v Hluboké nad Vltavou se zaměřuje na chovy původních druhů tuzemské fauny. Daří se jí například chov vydry říční.

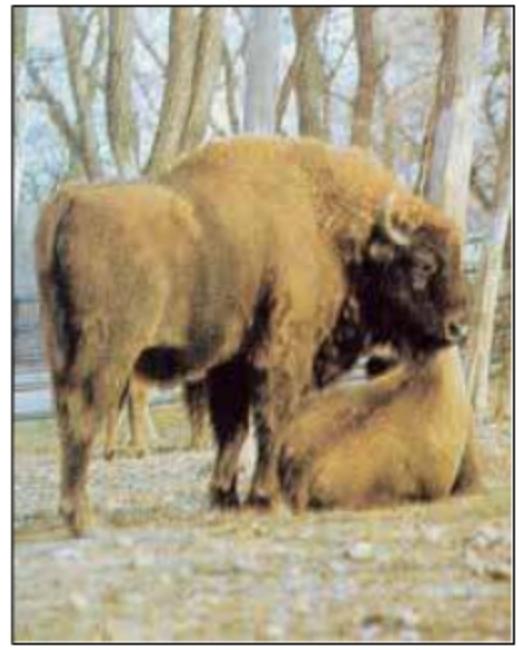


Výběhy blížící se svým vybavením přírodním podmínkám umožňují tygru ussurijskému i jeho oblíbenou vodní lázeň.

ZOO Ostrava je známa chovem karpatské formy rysa ostrovida a jeho úspěšnou reintrodukcí na mnoha místech Evropy.



Pražská ZOO je světově proslulá chovem v přírodě již vyhynulých koní Převalského.



Zubr evropský přežívá jen díky chovu v rezervacích a v zoologických zahradách.

ZOOLOGICKÉ ZAHRADY

Statistiky evidují 857 světově uznávaných ZOO, které ročně navštěvuje cca 600 milionů návštěvníků. *(Patří mezi ně i ZOO v Praze – Trója a ZOO Dvůr Králové n. / L.)* 15 českých a 4 slovenské ZOO navštíví ročně téměř 4,5 milionu návštěvníků. Naše ZOO koordinují svou činnost v rámci *Evropské asociace zoologických zahrad a akvárií*. Zoologické zahrady mohou být pro nás ušlechtilou zábavou i cenným zdrojem poučení o zvířatech, přispívají k rozšíření našeho obzoru a k hlubšímu poznání zákonitostí přírody. Obohacují naše znalosti, jež můžeme uplatnit při domácím chovu živočichů a při reintrodukci ohrožených druhů do jejich původních biotopů. Mohou být i prostředím pro výzkumnou činnost studentů v rámci SOČ. Práci zoologických zahrad nejlépe podpoříme svým zájmem a častými návštěvami, sponzorským „kmotrovstvím" jednotlivých zvířat, ale i vlastními občanskými a profesními postoji při prosazování jejich potřeb ve státní správě a samosprávě regionů.

V brněnské ZOO je centrem pozornosti návštěvníků Tropické království s ukázkami fauny tropického a subtropického pásma.

K nejnovějším úspěchům pražské ZOO patří mimo jiné i úspěšné odchovy kasuárů přílbových a ještěra z povodí Amazonky dracény guayanské. ZOO Praha drží i světový primát v přirozeném odchovu hyeny čabrakové.

V olomoucké ZOO zaujme laiky chov žiraf Rotschildových, odborníci oceňují mj. úspěchy v chovu žraloka černoploutvého.

STANICE PRO ZÁCHRANU VOLNĚ ŽIJÍCÍCH ŽIVOČICHŮ

Krahujec popálený elektrickým proudem na sloupu vysokého napětí.

Předmětem zájmu těchto stanic jsou handicapovaní živočichové, tj. živočichové zranění, vyčerpaní, nemocní, přiotrávení nebo postřelení a vypadlá, předčasně vylétlá, opuštěná, příp. vysílená mláďata. Kromě zvířat nalezených zpravidla v nepříznivých klimatických podmínkách *(např. zvířata vyhladovělá při dlouhodobě vysoké sněhové pokrývce a při velkých mrazech)* je většina oslabení způsobena člověkem, nedokonalostí technických zařízení *(např. většina zranění způsobená elektrickým proudem)*, nedbalostí *(např. kontaminace vodních nádrží ropnými produkty)* nebo úmyslným poškozením *(postřelení, vybírání mláďat, týrání volně žijících zvířat v nevhodných podmínkách)*. Postiženým zvířatům je poskytována první pomoc, odborné ošetření a léčení, rehabilitace a příprava na opětné vypuštění vyléčených jedinců do volné přírody. Toto období trvá obvykle několik týdnů nebo měsíců. Zvířatům s trvalým poškozením je umožněno dožití v chovatelských zařízeních stanice, kde jsou součástí stálé expozice sloužící osvětě. V ČR je v posledních 20 letech budována síť specializovaných stanic, jichž je v současné době 18 *(v roce 2003 již pokrývá téměř 100 % území ČR)*. Kromě kvalifikovaných odborníků v nich pomáhají stovky nadšených dobrovolníků, včetně žáků základních a středních škol. Aktivně jsou zapojeni také vysokoškoláci, kteří kromě manuální pomoci zde řeší výzkumné úkoly formou svých diplomových prací. Některé stanice se podílejí i na záchranných programech umožňujících přežití kriticky nebo silně ohrožených druhů naší fauny jejich sledováním v terénu a vytvářením podmínek pro jejich

Dosednutí na ropnou lagunu bylo pro tyto labutě osudné.

Fixace zlomené končetiny dává mláděti zajíce naději na přežití.

I toto osiřelé srnče se podařilo zachránit.

Samice káně lesní, chovaná po zranění ve voliéře, krmí adoptované mládě sokola stěhovavého.

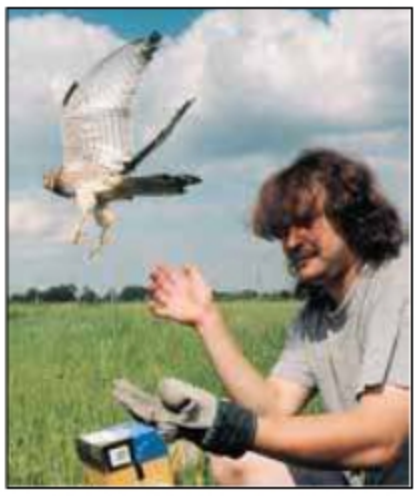
Postřelená poštolka rudonohá.

STANICE PRO ZÁCHRANU VOLNĚ ŽIJÍCÍCH ŽIVOČICHŮ

reprodukci v přírodním prostředí *(např. budováním hnízdišť, péčí o mokřadní ekosystémy nezbytné pro reprodukci obojživelníků)*. Zaměřují se rovněž na eliminaci vlivů, které živočichy v krajině ohrožují, příp. na jejich odchov v zajetí a přípravu mláďat na život v přirozených podmínkách. Stanice chovají také původní plemena hospodářských zvířat *(např. valašské ovce)* a plní i funkci ekologicko-výchovnou a osvětovou *(např. školní exkurze, metodické akce pro učitele, prezentace přírodních hodnot regionu pro cestovní kanceláře a informační média)*. Legislativní rámec těchto aktivit je dán především zákonem č. 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny *(§ 50, odst. 5)* a zákonem č. 246/92 Sb. na ochranu zvířat proti týrání. Činnost stanic je z podnětu ČSOP od roku 1997 koordinována „národní stanicí" v Bartošovicích na Moravě *(u Nového Jičína)*. Tato stanice, společně se stanicí ve Vlašimi, byla jmenována MŽP *(ve smyslu zákona č. 16/97 Sb. o podmínkách dovozu a vývozu volně žijících živočichů)* záchranným centrem CITES. Jejím karanténním systémem již prošlo přes 1000 zvířat.

Objekt „národní stanice" v Bartošovicích (se znakem).

Příloha byla připravena ve spolupráci s p. Petrem Orlem *(Stanice pro záchranu živočichů, 742 54 Bartošovice n./M. č. 146, tel.: 556 758 675, mob.: 723 648 759, e-mail: csopnj@applet.cz, www.csopnj.applet.cz)*. *(Foto: D. Ramík a archiv stanice)*



Asi 55 % ošetřených zvířat se vrací do přírody.

Nevyspělá mláďata ježků by v přírodě úspěšně nepřezimovala.

Racek bouřní se zlomeným křídlem by neměl v přírodě šanci přežít.

Záchrana genofondu valašské ovce.

Ekologická výchova je zaměřena převážně na školní mládež.

Vhodným rozmístěním hnízdních budek se v okolí stabilizovala populace sovy pálené.

CENTRA DOMESTIKACE HOSPODÁŘSKY VÝZNAMNÝCH DRUHŮ ZVÍŘAT

1 - Krocan divoký; **2** - Morče divoké; **3** - Nutrie říční; **4** - Lama guanaco; **5** - Perlička kropenatá; **6** - Osel divoký; **7** - Kočka plavá; **8** - Králík divoký; **9** - Ovce muflon; **10** - Koza bezoárová; **11** - Kachna divoká; **12** - Husa velká; **13** - Vlk; **14** - Prase divoké; **15** - Pratur; **16** - Kapr obecný; **17** - Holub skalní; **18** - Sob polární; **19** - Velbloud dvouhrbý; **20** - Kůň Převalského; **21** - Jak divoký; **22** - Buvol indický; **23** - Kur bankivský; **24** - Andulka vlnkovaná

loní mohutný **hryzec vodní** *(Arvicola terrestris)*, obývající břehové porosty a vlhké biotopy. Na březích jihoamerických řek žijí významná kožešinová zvířata **nutrie říční** *(Myocastor coypus)*. Jsou chovány často i u nás. Poskytují rovněž hodnotné dietní maso. Je pozoruhodné, že mají mléčné bradavky přesunuty na hřbet těla, takže mláďata mohou sát mléko i na plovoucí matce. Ze Severní Ameriky byla introdukována u nás ekologicky mimořádně úspěšná **ondatra pižmová** *(Ondatra zibethicus)*. Její kožešina je bizam.

Nutrie říční

Myšovití mívají zpravidla dlouhé ušní boltce a dlouhý ocas. Jsou všežraví.

Myš domácí *(Mus musculus)* je původně euroasijský stepní druh. Dnes má kosmopolitní rozšíření. Myš domácí je typický škůdce potravinářských skladů. Albinotická forma myši domácí *(tzv. „bílá myška“)* je nejčastěji užívané laboratorní zvíře v lékařském výzkumu.

Potkan *(Rattus norvegicus)* pochází z Mandžuska. Je všežravý, obývá temné vlhké prostory, sklepy, chlévy a městské kanalizační sítě. Podobně jako potkan vypadá **krysa obecná** *(Rattus rattus)*, pocházející z indomalajské oblasti. Po světě se rozšířila lodní dopravou. Dává přednost suchým místům *(potravinářská skladiště)*. Od statnějšího potkana, jímž byla téměř vytlačena, se liší černošedou srstí, ocasem delším než tělo a velkými ušními boltci. Oba druhy mohou šířit choroby (*str. 104*).

Plchovití jsou stromoví hlodavci s noční aktivitou. V listnatých a smíšených lesích je rozšířen největší zástupce této čeledi **plch velký** *(Glis glis)*. Vypadá jako šedá veverka. Na Moravu zasahuje z Karpat **plch lesní** *(Dryomys nitedula)*.

V tropech a subtropech Afriky a Asie žijí pozemní **dikobrazi**, nápadní svými černě a bíle pruhovanými bodlinami, které při ohrožení vztyčují a prudkými pohyby se jimi snaží bodnout útočníka. Např. **dikobraz evropský** *(Hystrix cristata)*. Severoafrické pouště obývají pískově zbarvení **tarbíci**.

V horských oblastech jihoamerických And žije denní **morče divoké** *(Cavia aperea)*, zdomácnělé již před staletími peruánskými indiány. Největším druhem hlodavce je morčeti příbuzná **kapybara** *(Hydrochoerus hydrochaeris)*. Žije v okolí jihoamerických řek a dorůstá hmotnosti až 50 kg.

V Bolívii žije **činčila vlnatá** *(Chinchilla laniger)* s mimořádně hodnotnou kožešinou. Má nápadně velkou hlavu, oči a uši. Bývá též chována na kožešinových farmách.

◇ Řád: **Šelmy** *(Carnivora)*

Šelmy jsou savci, kteří si svoji masitou potravu obstarávají lovem. Mají mohutný dravý chrup, bystré smysly, dokonalé pohybové schopnosti a nebývale rozvinuté duševní vlastnosti. Klíční kosti a slepé střevo vyvinuty nemají. V oční cévnatce šelem je odrazová vrstva. Jejich spodní čelist se pohybuje pouze v jedné rovině. Systematicky je dělíme na šelmy pozemní a šelmy vodní *(ploutvonožci)*.

Šelmy pozemní *(Fissipedia)* jsou přirozeně rozšířeny takřka po celém světě *(do Austrálie byly přivezeny teprve člověkem)*. Poslední třenák horní čelisti (P^4) a první stolička v čelisti dolní (M_1) jsou přeměněny ve špičaté trháky, schopné nůžkovitě ukrajovat maso zdolané kořisti *(str. 186)*. Pozemní šelmy mají jednoduchý žaludek, krátké střevo a zpravidla vynikající čich.

Medvědovití jsou největší pozemní šelmy s dlouhou, hustou a odstávající srstí. Mají zakrnělý ocas, tupé drápy a našlapují na celé chodidlo *(ploskochodci)*. Jsou všežraví *(žerou lesní plody, mravenčí kukly, myši, příp. mršiny)*. V hlubokých lesích střední Evropy žije **medvěd hnědý** *(Ursus arctos)*. Na světě má celou řadu poddruhů *(brtník, grizzly, kodiak)*. Poslední medvěd v českých zemích byl zastřelen v roce 1856 na Šumavě. V Arktidě byl zdecimován kdysi hojný **medvěd lední** *(Thalarctos maritimus)* s bílou srstí, jehož hlavní potravou jsou tuleni. Vymírající druh **panda velká** *(Ailuropoda melanoleuca)* je obyvatelem bambusových pralesů v jihovýchodní Asii. Je symbolem ochrany zvířat *(World Wildlife Fund)*.

Nejznámějším zástupcem čeledi **medvídkovitých** je severoamerický druh **medvídek mýval** *(Procyon lotor)*. Má dlouhý ocas. Pudově veškerou potravu omývá ve vodě.

Lasicovití *(syn.* **kunovití***)* jsou malé až středně velké šelmy s krátkýma nohama, mimořádně ohebnou páteří a s pachovými žlázami v okolí řitního otvoru.

Lasice kolčava *(Mustela nivalis)* je naše nejmenší šelma. Hlavní složkou její potravy jsou hraboši. **Lasice hranostaj** *(Mustela erminea)* má špičku ocasu černou. Zimní šat hranostaje je bílý s černou špičkou ocasu. **Kuna skalní** *(Martes foina)* má na hrdle bílou dělenou skvrnu, přecházející na přední nohy. Vyskytuje se i u lidských sídel *(synantropizace)*. **Kuna lesní** *(Martes martes)* má prsní skvrnu nažloutlou, nedělenou a na končetiny nedosahující. Kořistí kun bývá na venkově občas i drůbež. U vodních toků bývá hojný **tchoř tmavý** *(Mustela putorius)*. Živí se myšmi a žábami. Je známý svým páchnoucím sekretem obřitních žláz.

Na Sibiři žije divoce **sobol asijský** *(Martes zibellina)*, jehož kožešina je jedna z nejvzácnějších. Hodnotným kožešinovým zvířetem, chovaným úspěšně na našich farmách již po řadu desetiletí, je **norek americký** *(Lutreola vison)* neboli **mink**. Jiný seve-

roamerický druh **skunk pruhovaný** *(Mephitis mephitis)* se v nebezpečí brání stříkáním odporně páchnoucích sekretů i na značnou vzdálenost. Jen v biomu tajgy žije velký a zavalitý **rosomák** *(Gulo gulo)*.

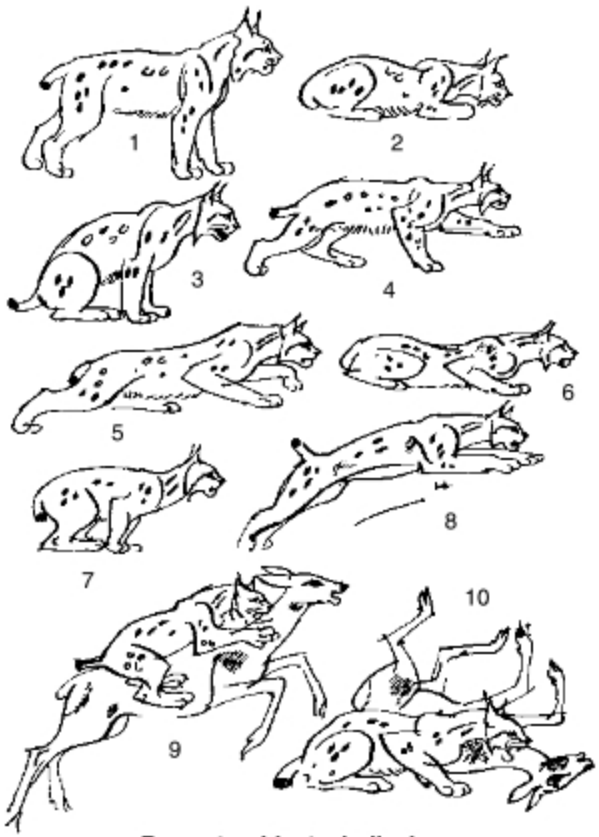
Jezevec lesní *(Meles meles)* je robustní všežravý ploskochodec, budující si systém podzemních nor. Jezevec je **nepravý zimní spáč** *(intenzita jeho životních pochodů klesá jen nevýrazně)*. U vodních toků žije tmavohnědá **vydra říční** *(Lutra lutra)*. Má dlouhé tělo se silným kormidlovacím ocasem a mezi prsty všech končetin plovací blánu.

Cibetkovití jsou vývojově starobylé šelmy střední velikosti s protáhlým tělem, dlouhým ocasem a krátkýma nohama. Žijí v subtropech a tropech Starého světa. Rozšířením zasahuje z Afriky do jižní Evropy **ženetka evropská** *(Genetta genetta)*. Ve starém Egyptě zdomácněla **promyka ichneumon** *(Herpestes ichneumon)*, která podobně jako **promyka mungo** loví i jedovaté hady.

Mrchožravé **hyeny** jsou statné šelmy s pokleslou, sraženou zádí těla. Mají mohutně vyvinutý chrup a mimořádně silné žvýkací svaly. Např. **hyena skvrnitá** *(Crocuta crocuta)*.

Kočkovití jsou rozmanitá a velmi specializovaná skupina šelem. Poslední prstní články mají ohnuty vzhůru a kromě geparda mají ostré zatažitelné drápy. Mimořádně vyvinut je jejich zrak a sluch. Loví plížením a krátkým útokem ze zálohy *(obvykle skokem)*.

U nás žijí dva druhy „malých koček“ *(mají zkostnatělý jazylkový aparát, takže pouze „předou“)*. **Kočka divoká** *(Felis silvestris)*, s huňatým a tupě ukončeným ocasem a **rys ostrovid** *(Lynx lynx)*, který má na ušních boltcích charakteristické štětičky vztyčených chlupů. Je největší evropskou kočkovitou šelmou. Úspěšným chovem rysů a jejich reintrodukcí na Šumavu se proslavila ostravská zoo. Největším druhem „malých koček“ je **puma americká** *(Puma concolor)*, vytvářející po celém americkém kontinentu několik ras. Má tmavě skvrnitá mláďata.



Rys ostrovid – technika lovu

Kočka domácí *(Felis domestica)* vznikla v Egyptě zdomácněním **kočky plavé** *(F. silvestris lybica)*.

„Velké kočky“, jejichž hlasovým projevem je řev *(nemají totiž zkostnatělý jazykový aparát)*, patří do rodu **Panthera**. Druhem se zřetelným pohlavním dimorfismem *(samci s mohutnou hřívou)* je **lev pustinný** *(Panthera leo)*. V heraldice je symbolem moci. Je i součástí symboliky českého státu. Z původního velkého areálu je dnes rozšířen v Africe na jih a východ od Sahary a v Indii. **Tygr džunglový** *(Panthera tigris)* je asijský druh *(od Íránu po Dálný východ)*. **Levhart skvrnitý** *(Panthera pardus)* žije v Africe i v Asii. **Jaguár americký** *(P. onca)* obývá Střední a Jižní Ameriku. Má tmavé skvrny se světlým středem. V největších skvrnách na zadní části trupu mají tyto světlé středy ještě tmavou skvrnku uprostřed. Pozoruhodná kočkovitá šelma je **gepard štíhlý** *(Acinonyx jubatus)*, žijící v tropické Asii a v Africe. Má malou hlavu a dlouhé nohy s nezatažitelnými drápy. Kořist štve. Je nejrychlejším savcem *(na krátké vzdálenosti vyvine rychlost až 120 km/hod)*.

Psovití loví svou kořist štvaním. Jsou to prstochodci s dlouhýma nohama, žijící většinou ve smečkách se společenskou organizací a dělbou práce.

Vlk *(Canis lupus)* je podobný mohutnému německému ovčákovi *(„vlčákovi“)*. Vlci se potulují a loví ve smečkách s přísnou mocenskou hierarchií. Mají vždy vzpřímené ušní boltce a šedobílou až rezavě šedou srst. V místech hojnějšího výskytu způsobují svým kolektivním lovem značné hospodářské ztráty na dobytku. Na Balkáně, na Blízkém východě a v severní Africe žije **šakal obecný** *(Canis aureus)*, kterého ve stepních ekosystémech na americkém kontinentě nahrazuje **kojot prériový** *(Canis latrans)*. V Austrálii je rozšířen **pes dingo** *(Canis dingo)*, vzniklý prokřížením a zdivočením dovezených plemen psů.

Naše nejpočetnější psovitá šelma je **liška obecná** *(Vulpes vulpes)*, která má v ekosystémech důležitou hygienickou roli *(konzumace mršin)*.

V zimě je téměř úplně bílá **liška polární** *(Alopex lagopus)*. Cílevědomým chovem na farmách byly vyšlechtěny stříbrné lišky *(jsou černé, s bílými konečky pesíků)* a tzv. lišky modré, které jsou nejplodnější psovité šelmy *(běžně až 18 mláďat)*. Zcela nejmenší psovitou šelmou je severoafrický druh **fenek berberský** *(Fennecus zerda)*.

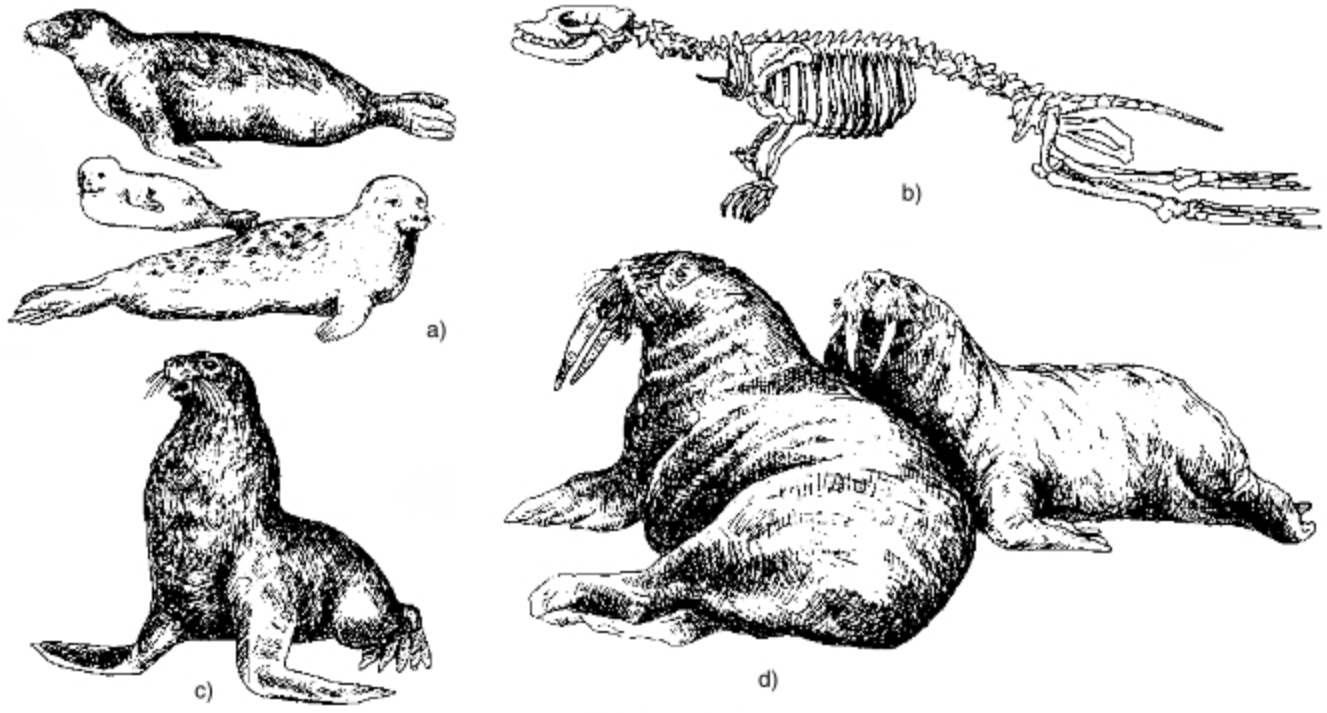
Pes domácí *(Canis familiaris)* vznikl domestikací vlka a vymřelých divoce žijících druhů psů v době kamenné.

Druhý podřád šelem jsou **ploutvonožci** *(Pinnipedia)*, kteří jsou dosud v mnohých systémech uváděni jako samostatný řád. Je prokázáno, že mají společné předky s medvědovitými šelmami, od nichž se oddělili v třetihorách a výrazně se přizpůsobili k vodnímu způsobu života. Na pevnině se pouze páří, rodí a kojí. Jejich pětiprsté končetiny se tvarově přeměnily ve veslovací ploutve. Zadní končetiny směřují dozadu a plní funkci ploutve ocasní. Mají silnou vrstvu podkožního tuku s termoizolační funkcí a schopnost zadržovat v krvi kyslík. Pro potápění má význam i další adaptace – uzavíratelné ušní boltce a dýchací otvory. Jejich oko je oploštěním bulvy a silně roztažitelnými zorničkami přizpůsobeno k dobrému vidění ve vodě. Ploutvonožci žijí polygamně ve stádech, ovládaných nejzdatnějšími samci. Nedospělí samci tvoří samostatná stáda. Samice ploutvonožců rodí obvykle po jednom mláděti. Všechny zuby v chrupu ploutvonožců jsou hrotité. Vývoj chrupu směřuje k stejnému tvaru všech zubů *(homodoncie)*, který je vhodný k chytání ryb *(podobně delfíni)*.

Lachtanovití *(syn.* **lvouni***)* mají jako jediní ploutvonožci zachovány ušní boltce. Podstavují nohy pod tělo, což jim umožňuje poměrně obratný pohyb po souši. Jsou rozšířeni na jižní polokouli v antarktických mořích a na severní polokouli výhradně na pobřeží Tichého oceánu. Živí se rybami, hlavonožci a korýši.

Tuleňovití se díky postavení zadních končetin dozadu mohou po souši jen obratně plazit. Zato jsou vynikající plavci, živící se převážně rybami. Žijí na pobřeží severských moří *(dva druhy jsou jezerní)*. Samci i samice tuleňů jsou přibližně stejně velcí. Výskyt tuleňů umožnil rozšíření člověka v drsných polárních oblastech *(Eskymáci)*; např. **tuleň obecný** *(Phoca vitulina)*.

Mrož lední *(Odobaenus rosmarus)* je jediný druh **mrožovitých**. Jeho samci měří i 4 m a váží kolem 1,5 t. Dospělým mrožům vyrůstají špičáky horní čelisti jako kly, jimiž jednak vyhrabávají ze dna živočichy, jednak si jimi pomáhají např. při vylézání z vody na kry.



Ploutvonožci
a) tuleň obecný, b) kostra tuleně, c) lachtan medvědí, d) mrož lední

◇ Řád: **Zajícovci** *(Lagomorpha)*

Zajícovci jsou středně velcí býložraví savci; díky konvergentnímu vývoji jsou velmi podobní hlodavcům, s nimiž však nejsou příbuzní. Vědci usuzují na jejich společný původ s předky kopytníků. Zajícovci mají pozoruhodný chrup v horní čelisti s bezkořennými a neustále dorůstajícími řezáky, krytými sklovinou na celém povrchu. Jsou celkem čtyři. Další zvláštností, která je odlišuje od ostatních placentálů, je u samců zcela atypické uložení šourku před penisem. Mají značnou rozplozovací schopnost. Součástí jejich metabolismu je požírání a opětné trávení vlastních kašovitých výkalů *(cekotrofie)*, jehož konečným produktem jsou typické tvrdé bobky *(viz učivo o výtrusovcích)*. Do řádu zajícovci řadíme čeleď pišťuchovití a zajícovití. Do současnosti přežívá na náhorních planinách a kamenitých svazích asijských a amerických velehor např. **pišťucha horská** *(Ochotona alpina)*. Nejznámějším druhem u nás je

zajíc polní *(Lepus europaeus)*. Jeho stavy se v posledních třech desetiletích podstatně snížily následkem zemědělské velkovýroby *(obtížná orientace v nepřehledných lánech obilovin, usmrcování mláďat mechanizačními prostředky, kontaminace prostředí nadměrnou chemizací).*

Zajíci i králíci poskytují mimořádně chutné a dieteticky hodnotné maso. V severských oblastech a v Alpách ekologicky nahrazuje zajíce polního **zajíc bělák** *(Lepus timidus)*, který je v zimním období pozoruhodný svým bílým osrstěním.

Mláďata zajícovců krátce po porodu
a) zajíc, b) králík

Králík divoký *(Oryctolagus cuniculus)* pochází ze Španělska. Ve středověku byl vysazován po celé Evropě. Současná populace králíků divokých je mnohde potomstvem zdivočelých králíků domácích. Svědčí o tom i proměnlivost jejich vzhledu. Králíci jsou vývojově primitivnější než zajíci. Jejich početní stavy výrazně ovlivňují choroby, např. myxomatóza a zaječí mor, které zachvátily i domácí chovy bez ohledu na chované plemeno.

◇ Řád: **Damani** *(Hyracoidea)*

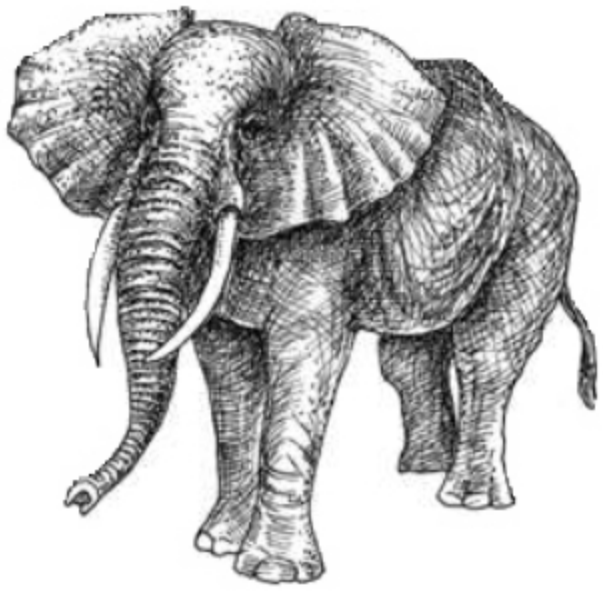
Damani žijí ve skalnatých terénech Afriky a Přední Asie. Jsou býložraví a vzhledem připomínají sviště. Mají společné předky s kopytníky a byly prokázány i jejich vývojové vztahy k chobotnatcům. Na předních končetinách mají 4 a na zadních 3 prsty s nehtovitými kopýtky. Došlapují ale na přilnavé polštářky celé spodiny prstů. Žijí ve stádečkách a jsou aktivní ve dne; např. **daman kapský** *(Procavia capensis).*

Daman kapský

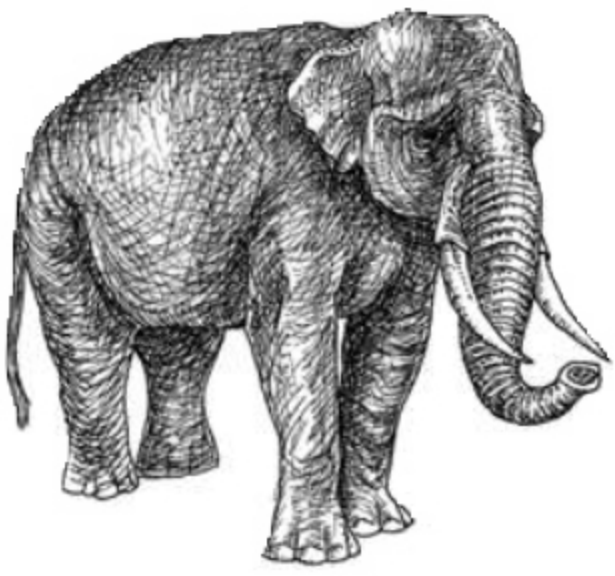
◇ Řád: **Chobotnatci** *(Proboscidea)*

Chobotnatci jsou největší suchozemští savci, vážící v dospělosti 3–5 tun. Název dostali podle charakteristického uchopovacího chobotu, který vznikl srůstem jejich silně prodlouženého nosu s horním pyskem. Pozoruhodný je i chrup slonů, který je tvořen řezáky horní čelisti, přeměněnými v bezkořenné, po celý život dorůstající kly, a stoličkami. Kly dosahují u samců slona afrického velikosti i přes 2 m a váhy přes 100 kg. Pro jejich hmotu – slonovinu, která je tvořena výhradně dentinem, jsou sloni bezohledně loveni. V každé polovině sloní čelisti je ještě po jedné mohutné stoličce, která bývá po opotřebení nahrazena další. Po opotřebení poslední *(šesté)* i statné zvíře v krátké době umírá hladem.

Ušní boltce slonů slouží k ochlazování těla *(termoregulaci).* Prsní bradavky samic jsou mezi předními nohama. Sloni mají ze všech savců nejdelší dobu březosti – 21 měsíců. Rodí jediné mládě, které je vysoké 80 cm a má porodní váhu 100 kg. Dospívají ve 20 letech a mohou se dožít i 80 let. Hmota sloního mozku je vzhledem k váze těla v poměru 1 : 600. Povrch sloního mozku je silně zbrázděn. Sloni mají vynikající paměť.



Slon africký



Slon indický

V době ledové žil na celé euroasijské pevnině **mamut** *(Mammuthus primigenius)*. Měl hustou, rezavě hnědou srst a mohutné, do oblouku stočené kly. Na severoamerickém kontinentu žil mamutovi příbuzný druh **mastodont** *(Mastodon americanus)*. V současné fauně žijí jen dva druhy slonů. **Slon africký** *(Loxodonta africana)* je větší *(dorůstá výšky až 3,5 m)*, má velké ušní boltce, chobot zakončen dvěma hmatovými prstíky a na zadních nohách má tři kopýtka. Kly mívají i samice. Je obtížně zvladatelný. **Slon indický** *(Elephas maximus)* je původním obyvatelem indické a indomalajské džungle. Dorůstá pouze výšky 3 m. Má menší, trojúhelníkové ušní boltce, chobot s jediným hmatovým prstíkem. Kly mají pouze samci. Sloni byli v Indii domestikováni již před staletími. Jsou úspěšně využíváni jako pracovní zvířata. Díky své inteligenci jsou užíváni k manéžní drezuře.

◇ Řád: **Sirény** *(Sirenia)*

Damanům a chobotnatcům jsou příbuzné **sirény** *(syn. ochechule)*. Díky konvergentnímu vývoji se trvale přizpůsobily k životu ve vodě, podobně jako jim naprosto nepříbuzní kytovci. Jsou býložravé – živí se řasami a chaluhami, které spásají na mořských mělčinách, v ústí řek a ve vodách tropických oceánů. Mívají pouze jediné mládě. Umístění prsních bradavek samic mezi předními nohama vedlo námořníky k jejich pojmenování „mořské panny“. V Indickém oceánu, od Rudého moře k pobřeží Austrálie, žije ještě **moroň indický** *(Dugong dugong)*, při jihoamerickém atlantickém pobřeží **kapustňák širokonosý** *(Trichechus manatus)*.

◇ Řád: **Lichokopytníci** *(Perissodactyla)*

Lichokopytníci jsou velká zvířata, která mají na končetinách zredukován počet prstů, na jejichž špičky našlapují. Většina váhy jejich těla spočívá obvykle na prostředním *(třetím)* prstu, jímž zpravidla prochází i osa končetiny. Krátký poslední prstní článek je rozšířen a na povrchu je kryt rohovinovým kopytem.

Tapírovití jsou nápadní dlouhým zavalitým tělem a chobotovitým horním pyskem. Na předních končetinách mají 4 a na zadních 3 prsty s malými kopýtky. Ocas mají krátký. Žijí v deštných pralesích Indie a Jižní Ameriky. Dnes jsou již téměř vyhubeni. Největší z nich je **tapír jihoamerický** *(Tapirus terrestris)*.

Nosorožcovití mají lysou až 6 cm tlustou zrohovatělou kůži. Jsou mimořádně těžcí *(až 2000 kg)*. Předními i zadními končetinami našlapují na tři prsty. **Nosorožec dvourohý** *(Diceros bicornis)* žije v afrických savanách. Jeden roh má **nosorožec indický** *(Rhinoceros unicornis)*. Naše zoologická zahrada ve Dvoře Králové nad Labem se proslavila svým jedinečným chovem afrických **nosorožců bílých** *(Ceratotherium simum)*, které v 70. letech přivezl z Afriky český zoolog Josef Wágner. Na celém světě žije pouze několik desítek těchto zvířat.

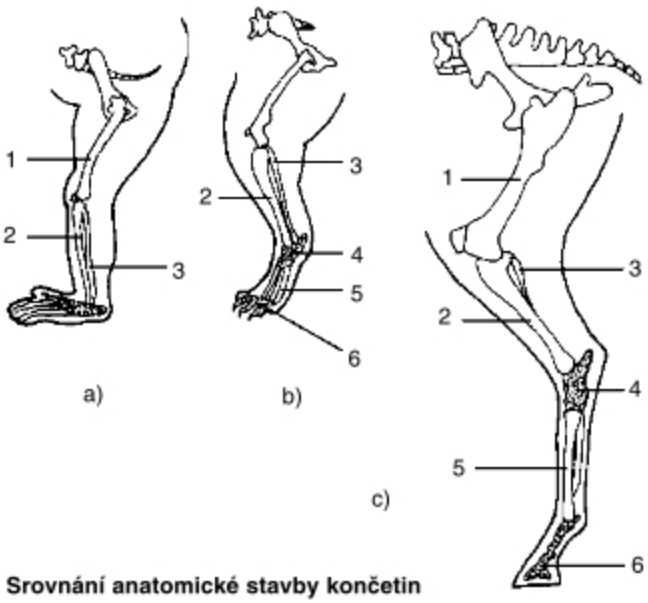
Koňovití *(Equidae)* jsou velká, rychle se pohybující zvířata otevřené stepní krajiny. Žijí ve stádech se sociální hierarchií. Našlapují na špičky prodlouženého třetího prstu, kryté rohovitým kopytem.

Kůň Převalského *(Equus przewalski)* žil v polopouštích Mongolska a Číny. Dnes žije pouze v zajetí v zoologických zahradách. *(Zdrojem poučení o koních, jejich chovu, mnohostranném uplatnění i nezastupitelném civilizačním poslání koní může být návštěva unikátního muzea ve Slatiňanech u Chrudimi.)*

Koním příbuzní jsou dlouhouší **osli**. Mimořádně skromný je **osel africký** *(Equus africanus)*, žijící ve Středomoří a v Africe na sever od rovníku. I když je oproti koním nesrovnatelně slabší, v oblastech s nepříznivým klimatem, parazitózami a infekcemi díky své skromnosti a odolnosti nahrazuje koně.

Ve střední Asii žije několik druhů **polooslů** *(kulan, onager, kiang)*. Křížením koňského hřebce a oslí klisny vzniká **mezek**, křížením oslího hřebce a koňské klisny **mula**. Oba jsou neplodní.

Africké savany na jih od rovníku obývají zebry, z nichž nejpočetnějším divoce žijícím lichokopytníkem vůbec je **zebra stepní** *(Equus burchelli)*.



Srovnání anatomické stavby končetin

a) ploskochodec *(opice)*, b) prstochodec *(pes)*, c) kopytník *(kůň)*
1 – kost stehenní, 2 – kost holenní, 3 – kost lýtková,
4 – zánártní kost, 5 – nárt, 6 – prsty

◇ Řád: **Sudokopytníci** *(Artiodactyla)*

Sudokopytníci jsou na rozdíl od předcházejícího řádu nesourodá skupina, řazená společně pouze díky sudému počtu prstů (2.–5.) na končetinách. Mezi 3. a 4. prstem, které jsou velké, stejně vyvinuté a zakončeny kopyty, prochází osa končetiny. Druhý a pátý prst bývají menší a slabší. Asi 190 známých druhů sudokopytníků dělíme na tři podřády: nepřežvýkavci, mozolnatci a přežvýkavci.

Nepřežvýkavci *(Nonruminantia)* mají úplný chrup s mohutnými prohnutými špičáky tvořícími kly. Jejich žaludek je zpravidla jednoduchý, nikdy nepřežvykují. Nohy mají poměrně krátké. Druhý a pátý prst bývá dobře vyvinut a při chůzi se dotýkají země. Patří sem čeledi prasatovití a hrochovití. Na našem území bylo v minulosti rozšířeno a posléze téměř vyhubeno **prase divoké** *(Sus scrofa)*. V myslivosti je to velmi oblíbená lovná zvěř, tzv. „černá". V posledních desetiletích je u nás opět velmi hojná. Je tvořena karpatskou populací, která k nám byla zatlačena ve čtyřicátých letech postupující frontou. Černá zvěř je aktivní v noci. Jejím převládajícím smyslem je čich. Samice *(bachyně)* rodí až osm selat, která jsou do stáří půl roku podélně žlutě a černohnědě pruhovaná *(tzv. markazíni)*. Černá zvěř je vcelku plachá, avšak zraněné kusy a bachyně vodící selata jsou útočné.

Prase divoké je jedním z předků v mnoha plemenech chovaného prasete domácího.

Na afrických savanách žije **prase bradavičnaté** *(Phacochoerus aethiopicus)*, v jihovýchodní Asii **babirussa celebeská** *(Babirussa alfurus)* a na americkém kontinentě **pekari páskovaný** *(Dicotyles tajacu)*.

Hrochovití jsou sudokopytníci s lysou, vysychavou kůží a kůlovitými, stále dorůstajícími řezáky a špičáky. **Hroch obojživelný** *(Hippopotanus amphibius)* tráví většinu času ponořen ve vodě. Nad hladinu vyčnívají jen jeho uzavíratelné nozdry *(str. 218)*. Uzavíratelné jsou i jeho malé kornoutovité uši. Hroši našlapují na všechny 4 prsty; živí se trávou rostoucí na břehu.

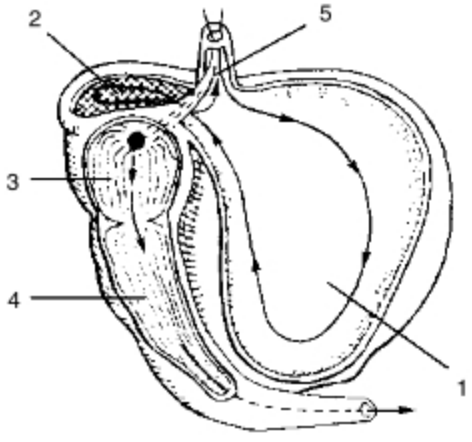
Mozolnatci *(Tylopoda)* jsou velcí sudokopytníci, došlapující na celou plochu posledních tří článků třetího a čtvrtého prstu, které jsou podloženy silným pružným mozolem s elastickým vazivem. Jsou býložraví, mají složený žaludek a od pravých přežvýkavců poněkud odlišný mechanismus přežvykování. V krvi mají charakteristické velké oválné červené krvinky.

Velbloud dvouhrbý *(Camelus ferus)*, zvaný drabař, žije i dosud divoce v asijských pouštích *(Gobi)*. Již v dávné době byl domestikován a používán jako karavanní soumar.

Velbloud jednohrbý *(Camelus dromedarius)*, „dromedár", je znám výhradně jako zvíře domestikované. Je chován v oblasti kolem Sahary a v jihozápadní Asii. Všichni velbloudi mají ve hřbetním hrbu tuk, který je jednak zdrojem energie, ale nepřímo i ekologickou adaptací jako zdroj existenčního minima metabolické vody, která se z loje tvoří oxidačními pochody v době strádání žízní. Oba druhy velbloudů jsou mimochodníci *(stejnostranné končetiny se pohybují současně, čímž dochází ke kymácivému pohybu – odtud název „koráby pouště")* a vzájemně se spolu kříží. Jihoameričtí velbloudovití tukový hrb nemají. Žijí ještě i divoce. Převážně jsou však chováni pro maso, kůži, srst, příp. jako soumaři. Pro jihoamerické pampy charakteristická **lama vikuňa** *(Lama vicugna)* má na hřbetě bílou srst. Drobnější **lama guanaco** *(Lama guanicoe)* je rozšířena v podhůří And *(str. 218)*.

Přežvýkavci *(Ruminantia)* mají dlouhé silné končetiny s prsty chráněnými na špičce kopyty. Jejich žaludek je složen ze 4 částí: bachor, čepec, kniha, slez. Horní řezáky mají v různé míře redukovány. Naškubanou a bohatě prosliněnou potravu polykají do bachoru, v němž žijí symbiotičtí nálevníci, trávící celulózu *(viz učivo prvoci str. 89)*. Z čepce se částečně natrávená potrava dostává mohutnými zpětnými *(antiperistaltickými)* stahy jícnu po menších soustech zpět do úst, kde je bočními pohyby stoliček rozmělňována na kašovitou hmotu, postupující přímo do knihy. Její listy potravu dále hnětou a tlačí do vlastního žaludku – slezu, v němž teprve je vylučovanými fermenty zahájen chemický trávicí proces. Tenké střevo přežvýkavců je mimořádně dlouhé *(např. u krávy až 60 m)*.

Přežvýkavci často vykazují nápadný pohlavní dimorfizmus. Doba říje divoce žijících druhů odpovídá délce březosti tak, že porod mláděte spadá do období nejvhodnějších klimatických i potravních podmínek. K pravým přežvýkavcům řadíme čeledi jelenovitých, žirafovitých a turovitých.



Složený žaludek přežvýkavců *(kráva)*
1 – bachor, 2 – čepec, 3 – kniha, 4 – slez, 5 – záklopka
Šipkou je vyznačen směr průchodu potravy

Jelenovití jsou nápadní kostěnými parohy na hlavě samců *(u sobů rostou parohy i samicím)*, které se každým rokem obnovují.

Jelen evropský *(Cervus elaphus)* žije na celé severní polokouli v několika poddruzích. V únoru paroží shazuje. Nové mu doroste do srpna.

V oborách je chován z jižní Evropy pocházející druh **daněk skvrnitý** *(Dama dama)*. Má bíle skvrnitou letní srst a nezaměnitelně lopatkovité paroží.

Srnec obecný *(Capreolus capreolus)* je rozšířen v řidších lesích celé střední Evropy od nížin po pásmo kleče. Říje srnčí zvěře je v červenci.

V tundrovitých oblastech Evropy, Asie a Ameriky žije hospodářsky významný druh **sob polární** *(Rangifer tarandus)*. Hlavní složkou jeho potravy jsou lišejníky. Tvoří mnohatisícová stáda, migrující za potravou na značné vzdálenosti. Obyvatelům tundry *(v Evropě např. Laponcům)* poskytuje maso, mléko, kůži a slouží i jako dopravní prostředek. Běžný je jeho polodivoký chov.

Los evropský *(Alces alces)* je typický obyvatel lesů a tajgy severní Evropy, Sibiře a severní Ameriky.

Žirafovití jsou nápadní svým mimořádně dlouhým krkem a malou hlavou s krátkými růžky, porostlými osrstěnou kůží. Přední nohy mají delší než zadní, takže hřbet žiraf ustupuje šikmo vzad. **Žirafa mramorovaná** *(Giraffa camelopardalis)* má světle okrovou srst s tmavými skvrnami. V afrických savanách spásají listí a letorosty stromů do výšky 6–7 m. Trávu spásají a pijí s široce rozkročenýma předníma nohama. V Kongu žije vývojově původnější lesní druh **okapi pruhovaná** *(Okapia johnstoni)*.

Turovití jsou v současnosti nejpočetnější sudokopytníci. U některých druhů jen samcům *(např. ovce muflon)*, u jiných oběma pohlavím, vyrůstají na hlavě rohy. Roh je tvořen porézním výrůstkem čelní kosti, na povrchu je slabší vrstva rohoviny pokožkového původu. Roh tedy není dutý, jak mylně naznačuje starší název této čeledi „dutorožci“. Na rozdíl od parohů jsou rohy citlivé, nevětvené a nejsou shazovány. V savanách východoafrických národních parků jsou hojné **antilopy**.

Kamzík horský *(Rupicapra rupicapra)* je ostrůvkovitě rozšířen ve všech velehorách Evropy. Původní jsou např. kamzíci v Tatrách. Naši kamzíci v Jeseníkách, v Lužických horách a v Labském pískovcovém pohoří jsou původem z Alp.

Koza domácí *(Capra hircus)* je mimořádně užitečná. Byla domestikována již ve starověku. V místech s velkou početností koz došlo v důsledku okusu vegetace až těsně ke kořenům doslova k místním ekologickým katastrofám *(např. sesuvy půdy na Sardinii)*.

V horách od Kavkazu po Balkán žije **koza bezoárová** *(Capra aegagrus)*, v Altaji a Himálaji je vzácná a ohrožená **koza šrouborohá** *(Capra falconeri)*.

V euroasijských velehorách a v severní Africe je izolovaně rozšířeno několik druhů **kozorožců** *(rod Capra)*.

Nejrozšířenějším druhem domácího zvířete *(téměř miliarda jedinců)* je všetranně užitečná **ovce domácí** *(Ovis aries)*.

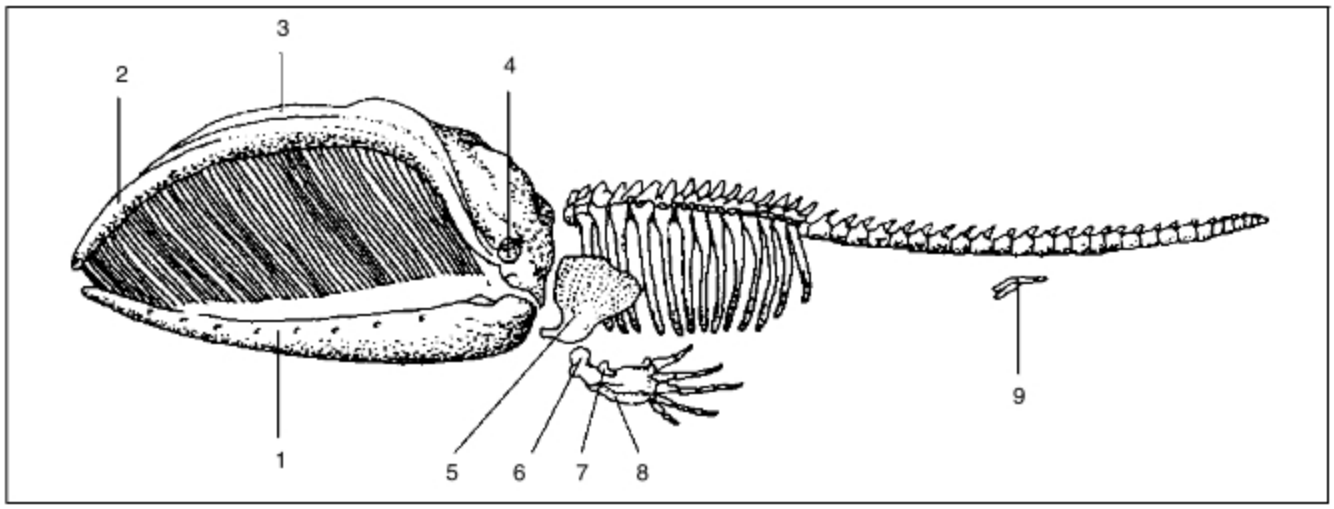
Ze Sardinie a Korsiky pochází **ovce muflon** *(Ovis musimon)*. Mufloni byli vysazeni i v několika evropských zemích.

Buvoli jsou významná hospodářská zvířata jihoasijských džunglí. K tahu jsou používáni domestikovaní potomci **buvola indického** *(Bubalus bubalis)*. Prapředkem plemen skotu, žijícím původně i na našem území, je **pratur** *(Bos primigenius)*. Mimořádně významným hospodářským zvířetem v Tibetu je **jak domácí** *(Bos grunniens)*, který má dlouhou k zemi splývavou srst. Praturovi je vývojově blízký indický **zebu posvátný**, jenž se podobně jako všechna plemena turů s hrbem na hřbetě odvozuje od **pratura indického** *(Bos indicus)*. V evropských lesních hvozdech žil **zubr evropský** *(Bison bonasus)*, dodnes zachovaný v oboře Białowieżského národního parku, na Kavkaze a v několika dalších oborách v Rusku. Ještě v 19. století obýval severoamerické prérie v tisícihlavých stádech **bizon** *(Bison bison)* *(srov. str. 235)*. V současnosti jsme svědky mezinárodního úsilí o jeho záchranu.

◇ Řád: **Kytovci** *(Cetacea)*

Kytovci se vyčlenili z prakopytníků před 60 miliony lety. Nejsou schopni života mimo vodu. Jejich vřetenovité tělo je zcela lysé. Přední končetiny kytovců jsou přeměněny v ploutve, které jsou pohyblivé pouze v ramenním kloubu. Zadní končetiny včetně pánve zakrněly. Vodorovná ocasní ploute v *(a je-li vytvořena, tak i ploutev hřbetní)* nemá kostru, ale pouze vazivovou výztuhu. Nemají ani klíční kosti, potní a slinné žlázy. Čichové ústrojí kytovců je zakrnělé. Vnější zvukovod je zarostlý kůží. Přesto mají vynikající sluch *(zvuk je veden kostmi)*. Jejich oči jsou uzpůsobeny k vidění ve vodě. Frekvence jejich dýchání je 4 vdechy za minutu. Vydechovaný vlhký vzduch vzápětí kondenzuje v páru, čímž vzniká optický dojem „vodotrysku“. Obvykle plavou při hladině. Potopeni vydrží pod vodou asi hodinu. Vdechují po vynoření, vydechují před potopením. Samice kytovců rodí ve vodě velká mláďata, vždy ocasem napřed *(délka až 7 m, samice dává denně až 300 l mléka o značně větší tučnosti než je mléko kravské)*. Při kojení je mléko mláděti vstřikováno do kornoutovitě sešpuleného jazyka. Vzhledem k hmotě svého těla mají poměrně malý mozek. Jeho kůra je však silně zbrázděná. U delfínů dosahuje složitosti mozku lidoopů. Kytovci žijí ve skupinách, se schopností vzájemného dorozumívání jedinců zvuky. Podnikají daleké cesty za potravou. Podle stavby chrupu je dělíme na ozubené a kosticovce.

Ozubení mají stejnocenný *(homodontní)* chrup, jeden nosní otvor a poněkud asymetrickou lebku se stejně dlouhými čelistmi. Vydávají rozmanité zvuky s komunikační funkcí. Nejznámější z tohoto podřádu jsou delfíni. V evropských mořích je běžný **delfín obecný** *(Delphinus delphis)*, při americkém atlantickém pobřeží **delfín skákavý** *(Tursiops truncatus)*. Často provázejí plující lodi a jejich inteligence se využívá při drezuře v mořských delfináriích. **Kosatka dravá** *(Orcinus orca)* je běžná v chladných mořích celého světa. Žije stádově a loví ryby,



Kostra velryby grónské
1 – dolní čelist, 2 – horní čelist, 3 – čelní kost, 4 – otvor zevního zvukovodu, 5 – lopatka, 6 – pažní kost, 7 – loketní kost, 8 – vřetenní kost, 9 – rudiment pánevní kosti

hlavonožce, tučňáky, delfíny. Napadá i velryby. Má vysokou hřbetní ploutev. **Vorvaň tuponosý** *(Physeter macrocephalus)* obývá teplejší vody oceánů. Je to největší ozubený kytovec, který se živí převážně hlavonožci, za nimiž se potápí i do hloubek 1000 m. **Narval jednorohý** *(Monodon monoceros)* nemá zuby s výjimkou levého řezáku horní čelisti, který u samců vyrůstá v přímý spirálovitý kel, vyčnívající z tlamy i 3 m.

Kosticovci mají místo zubů ve své obrovské tlamě jemné rohovité lišty *(kostice)*, jimiž filtrují mořský plankton a propouštějí vodu. Bývají označováni jako velryby. Mají velký jazyk, souměrnou lebku, dva dýchací otvory a spodní čelist delší než čelist horní. Patří k nim největší živočichové. **Plejtvák obrovský** *(Balaenoptera musculus)* s charakteristicky podélně rýhovanou přední částí těla byl kdysi rozšířen kosmopolitně. V důsledku neúměrného lovu vyspělou technikou *(radary, harpunová děla)* je prakticky na vymření. **Velryba grónská** *(Balaena mysticetus)* byla v severských mořích nejčastěji loveným druhem velryb. Nemá vyvinutu hřbetní ploutev. Na těle má tmavohnědou kůži, spodní čelist je bílá. Vzhledem k jejich kritickému ohrožení přistoupila většina námořních států na konvenci o ochraně velryb.

EKOLOGIE SAVCŮ

Savci jsou teplokrevná zvířata, obsazující rozmanitá ekologická prostředí *(niky)*. Jejich plné využití jim často umožňuje přechod na **úsporný energetický režim** při dočasném snížení teploty a pohyblivosti. Mohou tak přežívat období nedostatku potravy *(rejsci)*, veder *(„letní spánek“ syslů)*, chladu okolního prostředí *(netopýři zavěšení v jeskyních)*, příp. střídavého podnebí. Při pravém zimním spánku klesá teplota jedince téměř na teplotu okolního prostředí *(ježek, plši, svišť, netopýři, křeček)*. Při „nepravém zimním spánku“, známém u medvědů, jezevce, veverky, tělesná teplota neklesá. V podstatě jde o hluboký spánek s občasným probuzením k doplnění potravy. Spánková letargie savců je na rozdíl od poikilotermních živočichů vždy procesem aktivním. Při vyrušení se živočich asi za 15 minut probere. Energii k zimnímu spánku a jeho změnám zajišťuje okysličováním zvláštního druhu tmavého tuku, který je uložen ve hřbetní části těla mezi lopatkami.

Rozlišujeme savce **podzemní** *(krtek)*, příp. savce obývající nory, avšak potravu hledající na povrchu *(hlodavci, hmyzožravci)*. Ve stepní krajině jsou rozšířeni **savci zemní** *(zajíc, lichokopytníci, sudokopytníci)*. K **stromovým** savcům patří zejména primáti. K životu **ve vodě** jsou přizpůsobeni ploutvonožci *(na souši odpočívají, rodí a kojí mláďata)*, kytovci a ochechule. Většinou **noční letovou aktivitou** se vyznačují netopýři.

V životě savců je rozhodujícím ekologickým faktorem **potrava**. Její množství je dáno jednak výživnou hodnotou, ale i teplotou vnějšího prostředí, aktivitou jedince i jeho tělesnou velikostí. Platí zásada, že čím je živočich větší, tím spotřebuje poměrně méně potravy. Zatímco rejskové spotřebují potravu v hodnotě dvouapůl násobku své tělesné hmotnosti *(asi 2 dkg)*, hraboši jí spotřebují asi polovinu své tělesné hmotnosti, lasice kolčava přibližně čtvrtinu, medvěd dvě setiny a slon jedinou setinu své tělesné hmotnosti *(tedy přibližně 50 kg)*.

Většina savčích druhů jsou **primární konzumenti**, živící se zelenou hmotou rostlin *(kopytníci)*, semeny *(myšovití)*, plody *(kaloni)*, nektarem či pylem rostlin *(vampýr)*, listím *(žirafa, lenochod, koala)*. Některé druhy mají úzkou **potravní specializaci** *(mravenečníci na termity, koala listí eukalyptů, upíři krev)*. Druhy schopné se živit rostlinnou i živočišnou potravou označujeme jako **všežravé** *(potkan, jezevec, medvěd, prase, člověk)*. Studiem chrupu

vymřelých savců vědci zjistili, že nejpůvodnější savci, živící se živočišnou potravou, byli **hmyzožraví**. Dnes se takto živí např. rejskové, krtek, ježek nebo netopýři. Dravě jinými obratlovci *(tedy **masožravě**)* se živí šelmy *(včetně ploutvonožců)* a ozubení kytovci. **Zdechlinami** se živí hyeny a **krví** upíři. Potravou velryb je **plankton**.

Rozdílným ekologickým podmínkám prostředí se savci přizpůsobili i rozmnožováním. Rozlišujeme tři základní **typy rozmnožování**:

1. **Kožovitými vejci** vejcorodých *(objeveno v roce 1884)* buď zahřívanými na hnízdě *(ptakopysk)*, nebo v břišním kožním vaku *(ježura)*.
2. **Nedokonale vyvinutými mláďaty**, která dokončují svůj vývoj v břišním vaku matky *(vačnatci)*
3. **Dokonale vyvinutými mláďaty**, která se rodí po dlouhém nitroděložním vývoji a jsou kojena mateřským mlékem *(placentální savci)*.

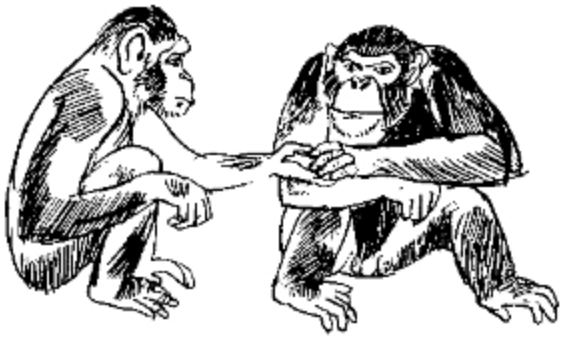
Doba **říje savců** je zpravidla závislá na ročních změnách podnebí a odpovídá délce březosti tak, že mláďata se rodí do optimálního teplotního období. U netopýrů známe tzv. **utajené oplození**, kdy spermie zůstávají po celou zimu v životaschopném stavu ve vejcovodech samice a k oplození uvolněných vajíček dochází až na jaře. Jinou adaptací je tzv. **utajená březost**, kdy oplozené vajíčko se nezahnízdí a jeho vývoj se na několik měsíců zastaví *(jezevec, medvěd, tuleň, srnka, slon)*.

Počet mláďat savců bývá zpravidla nízký. Obvykle **jedno** mládě mívají netopýři, primáti, kopytníci a kytovci. **Více** mláďat *(5–10)* mívají hmyzožravci, hlodavci a šelmy. Mláďata druhů žijících v úkrytech *(hmyzožravci, hlodavci, šelmy, letouni a králík)* se rodí holá, slepá a hluchá, jsou téměř nepohyblivá a mají nízkou schopnost termoregulace. Naproti tomu mláďata kopytníků bývají osrstěná, s fungujícími smysly a schopností v krátké době následovat matku. Zvláštním případem jsou mláďata primátů, která matka nosí stále na těle s sebou. Obecně lze říci, že vývoj savců od narození do dospělosti bývá kratší u malých druhů *(hlodavci)* a delší u velkých savců *(lidoopi asi 10 let)*.

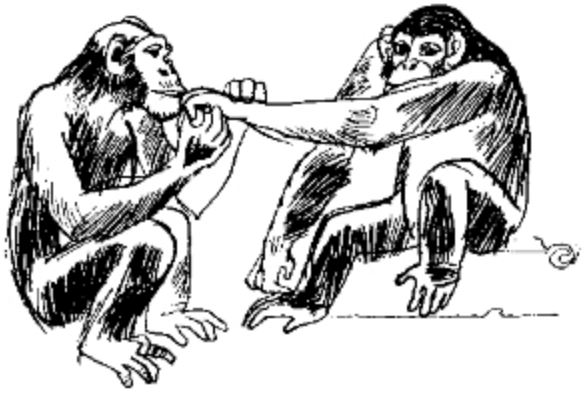
ETOLOGIE SAVCŮ

Mezi savci nacházíme jednak druhy velmi primitivní *(ptakořitní, chudozubí)*, jednak druhy psychicky mimořádně vyspělé *(šelmy, kopytníci, kytovci, primáti)*. Složité chování se nezávisle na sobě nejvíce vyvinulo u slonů, delfínů a lidoopů.

U savců je pozoruhodně rozvinuto zejména **rozmnožovací a sociální chování**. Jeho projevem je **tvorba trvalejších společenstev** *(societ)*, jejichž jedinci přežívají díky společné vzájemně koordinované činnosti *(psovité šelmy, lvi, sloni)*. Tato společenstva jsou přísně hierarchicky uspořádána. Mezi jejich příslušníky platí **vztahy nadřazenosti a podřazenosti** *(dominance a submisivita)*, zřejmé z okázale projevovaných pozdravů, imponujících a podřízených postojů vůdčího a následovatelského chování, péče o srst či uklidňujících gest, ale i z dělby činností.

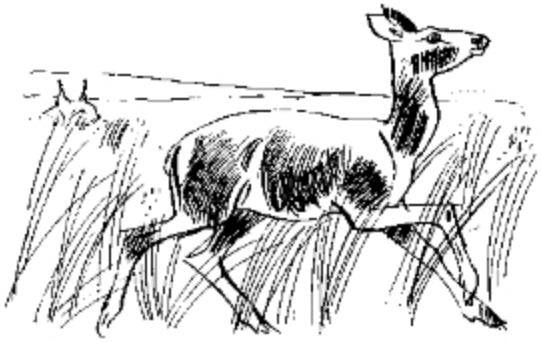


Projev dominance u šimpanzů

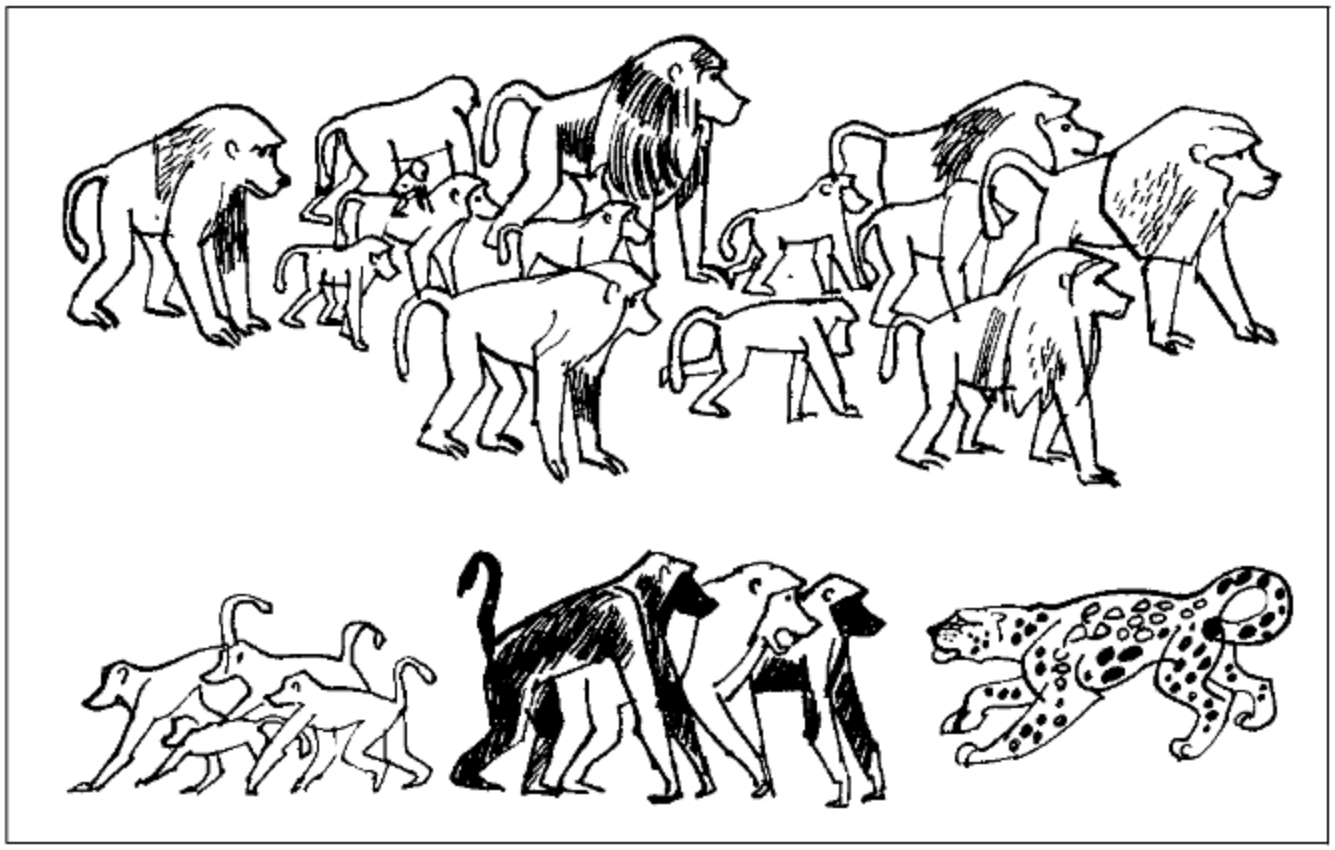


Projev submisivity u šimpanzů

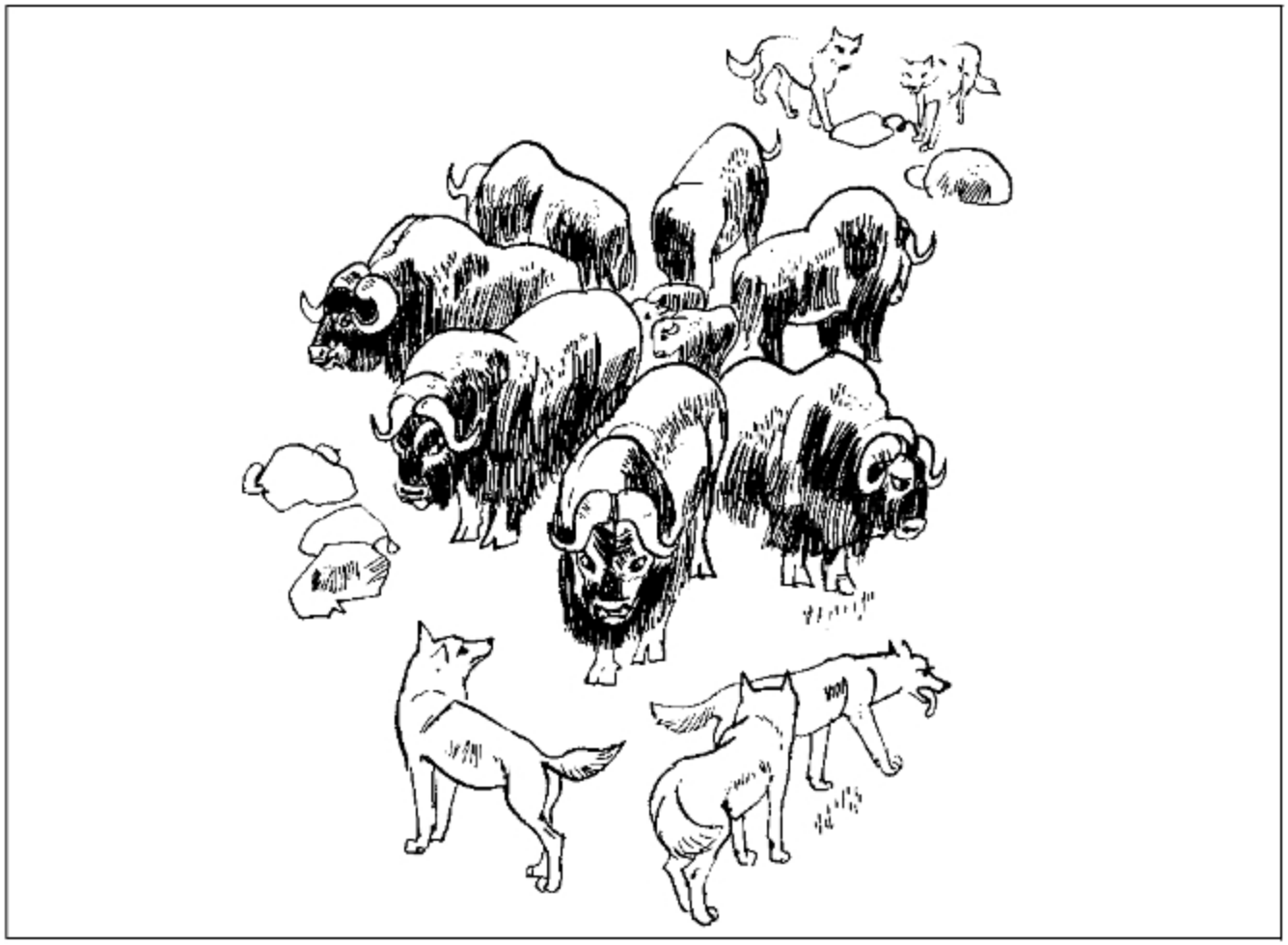
Např. lev řevem ohraničuje potravní teritorium a brání ho před vetřelci, lvice loví kořist. *(Teritoriální souboje lvů jsou vedeny velmi agresivně. V důsledku toho jsou v zajetí odchovaná zvířata v divoké přírodě zpravidla odsouzena k uhynutí.)* U vlků se dominantní samec páří s dominantní samicí. Členové society mají za určitých okolností přesně vymezenou roli. Např. při přesunu stáda paviánů jsou samice s mláďaty uprostřed, samci jsou rozmístěni na jeho okrajích *(viz str. 202)*. Kromě smíšených societ známe society pouze samičí *(slonice stálé, laně pouze mimo říji)*. Mladí jeleni



Odpichovaný krok laně větřící šelmu



Stádo paviánů při přesunu (a). **Při útoku levharta stádo brání samci, zatímco samice s mláďaty unikají do bezpečí**



Kruhová obrana stáda pižmoňů chránících mláďata před útokem vlčí smečky

(samci), kteří se ještě nerozmnožují, tvoří samčí stáda. Netopýří samice tvoří samostatně letní kolonie – „porodnice“, v nichž rodí a pečují o mláďata. Tyto society, čítající mnoho tisíc jedinců, jsou mezi savci největšími známými societami. Pakoně tvoří velké anonymní society se slabými sociálními vazbami *(šelmou napadené mládě brání pouze jeho matka)*, kdežto pižmoni a buvoli tvoří velká, společenskými vztahy propojená stáda, reagující na napadení kolektivní obranou. Society s dominantním postavením samice se nazývají **matriarcháty**. Sdružuje se v nich potomstvo jedné nebo několika samic.

U savců je pozoruhodná **péče o mláďata**. Monogamie není obvyklá *(monogamní jsou pouze některé psovité šelmy)*. Trvalé páry tvoří giboni, dočasné páry tvoří šelmy v době obstarávání potravy pro odrostlejší mláďata. U kopytníků, ploutvonožců a letounů je běžná polygamie. U opic je v partnerských vztazích běžná promiskuita. Polyandrie se u savců téměř nevyskytuje. O mláďata savců pečují převážně samice. Samci zpravidla o mláďata přímo nepečují. Jejich význam pro přežití mláďat a nedospělých jedinců je však téměř nezastupitelný.

V době říje polygamní samci některých kopytníků nepřijímají potravu. V partnerských vztazích savců hrají významnou roli zvukové a zrakové signály. Rozhodující informace však získávají čichem. Kopytníci vnímají specifické podněty říjných klisen rudimentárním Jacobsonovým orgánem *(flémování hřebců)*.

Flémující hřebec zebry stepní

Podobně jako ptáci tvoří i savci **teritoria**. Teritorium tygra je až 1000 km^2, teritorium hmyzožravců jen několik desítek m^2. Teritoria jsou označována zrakovými signály *(nápadné odkládání trusu kočkovitých šelem)*, hlasově *(vytí vlků, vřeštění opic)*, ale nejčastěji pachem *(psovité šelmy)*.

Savci jsou schopni **komunikace** pachovými, zvukovými a zrakovými signály. Např. jelenovití signalizují nebezpečí zvednutím hlavy, ocasu a odpichovaným krokem. Trhavým pohybem tlapek do stran a zadupáním signalizují nebezpečí zajíci.

Druhy savců s vyvinutým mimickým svalstvem ho využívají při setkávání k vyjádření své nálady. Sloni se dorozumívají pohyby svého chobotu a ušních boltců. Delfíni, opice a psovité šelmy se dorozumívají hlasově i na značné vzdálenosti. U kojotů bylo prokázáno 15 různých hlasových signálů. Hlasem se dorozumívají matky s mláďaty.

V životě savců mají mimořádný význam **signály pachové**. Kořist zanechává pachovou stopu. Naopak šelma může být zjištěna po větru. Močením označují své území psovité šelmy. Analýzou složek potu vnímají šelmy i psychické rozpoložení člověka *(strach drezéra)*. Savčí pachová signalizace působí v souvislosti s ostatními signály a okamžitou situací. Liší se tím od signalizace feromony hmyzu, které mají jednoznačně „povelový“ účinek.

Místa obvyklého výskytu pachových žláz u hlodavců

Savci jsou schopni učení, které bývá zabudováno do hravého chování mláďat. Významnou roli hraje příklad dospělých *(šelmy učí svá mláďata technice lovu)*. K psychicky nejvyspělejším savcům patří delfíni a lidoopi *(zejména šimpanzi a orangutani)*. Nejvyšší úroveň chování má člověk, který je schopen myšlení, řeči a práce.

VÝZNAM SAVCŮ

Savci byli po celou dobu existence lidstva potravou člověka, příp. jeho konkurenty. Výjimečně byl člověk sám kořistí šelem. Využití savců pro potřeby člověka nabylo na významu, když člověk objevil výhody jejich domestikace.

Volně žijící savci jsou dnes součástí promyšlené péče o krajinu. Lovná zvěř je předmětem zájmu myslivosti, jejíž tradice u nás sahá do středověku a svou úrovní představuje světovou špičku. Druhová skladba v ekosystémech je ovšem pozměněna. Ve snaze udržet vysoké stavy užitkové lovné zvěře byly podstatně sníženy stavy šelem, které jsou přirozenými regulátory početnosti druhů. Současná tendence v chráněných územích směřuje k ponechání stavu blízkého přirozenému vývoji.

Savci bývají předmětem chovatelského zájmu člověka. Nejčastěji jsou chována různá plemena psů a koček. Dětem ve městech zprostředkují styk s živou přírodou nejčastěji morčata a křečci. Ve snobských společenských kruzích je módou chovat exotické šelmy nebo primáty. Některé druhy savců člověku přímo škodí *(hraboši, myši, potkani)*. Někteří jsou rezervoáry chorob s přírodní ohniskovostí *(lišky – vztekliny, drobní hlodavci – klíšťové encefalitidy, zajíc – tularémie, potkani – leptospirózy atp.)*. Řada nemocí volně žijících savců je přenosná na domácí zvířata.

III. HISTORICKÝ VÝVOJ ŽIVOČIŠNÉ ŘÍŠE

Při rekonstrukci historického vývoje živočišstva vycházíme z paleozoologických výzkumů a ze studia zkamenělin. Významný příspěvek k objasnění příbuzenských vztahů jednotlivých skupin živočichů podává experimentální zoologie a nejnověji molekulární biologie.

První **heterotrofní organismy** *(byli to prvoci)*, žili ve starohorních mořích před 600 miliony let. Již tehdy docházelo k vývojovému rozrůznění na **jednobuněčné a mnohobuněčné**. Vývoj jednobuněčných pokračoval zmnožením a zdokonalováním organel v rámci jediné buňky a vedl k současným prvokům. U mnohobuněčných docházelo ke zmnožení buněk, k vzniku kolonií prvoků, později k vzájemné funkční koordinaci buněk, jejich diferenciaci a specializaci na tkáně a orgány.

Na úrovni primitivních mnohobuněčných byly již ve starohorách houbovci. Koncem starohor *(proterozoikum)* došlo v návaznosti na **zvýšení obsahu kyslíku v atmosféře** *(činností zelených rostlin)* k vzniku a rozvoji energeticky účinnějšího aerobního metabolismu předků současných živočišných druhů. Dochází k diferenciaci jejich tělesné stavby a tvorbě oporných tkání *(kutikula, schránky, kostra)*. V prvohorních vrstvách nacházíme množství otisků a zkamenělin tehdy žijících živočichů.

Ve starších prvohorách *(**kambrium**, před 550 mil. let)* už žily všechny kmeny bezobratlých jako vývojově stabilizované a geograficky značně rozšířené. Vývoj paprsčitě souměrných živočichů a živočichů dvoustranně souměrných pokračoval nadále souběžně.

Houbovci mají tělní organizaci blízkou koloniálním druhům prvoků. **Žahavci** vytvářejí epitely s diferencovanou funkcí *(ektoderm a entoderm)*. Jejich tělní dutina *(láčka)* má jediný otvor s funkcí přijímací i vyvrhovací. Patrně z larev žahavců se vyvinuli dvoustranně souměrní živočichové. V důsledku jejich jednosměrného pohybu po pevném podkladu se vyvinula **příď a záď** těla. Dochází ke vzniku **mezodermu** a jeho postupné diferenciaci na orgány.

Rozlišujeme:

– **orgány ektodermální:** *pokožka a její deriváty (chlupy, peří, kožní žlázy), nervová soustava, smyslové orgány chuťové, čichové a sluchové, dýchací a vylučovací ústroje bezobratlých (vzdušnice, Malpighiovy trubice, u žahavců dokonce i svalovina)*
– **orgány entodermální:** *výstelka trávicí trubice, přídatné žlázy trávicí soustavy, dýchací orgány obratlovců*
– **orgány mezodermální:** *soustava cévní (včetně krvinek), vylučovací, pohlavní a svalová, vaziva, chrupavky a kosti.*

Vývoj prvoústých a druhoústých probíhal souběžně. Obě skupiny se odlišují ve způsobu zakládání úst a řitního otvoru. Existují však mezi nimi i další zásadní rozdíly. Například v determinaci buněk embrya v jeho nejranější etapě vývoje. Zatímco počáteční buňky embryí prvoústých jsou již částečně determinovány *(jestliže jsou tyto buňky odděleny jedna od druhé, žádná z nich nedá vznik kompletnímu organismu)*, nejranější buňky embryí druhoústých determinovány nejsou *(každá buňka, je-li separována, může dát vznik kompletnímu organismu)*.

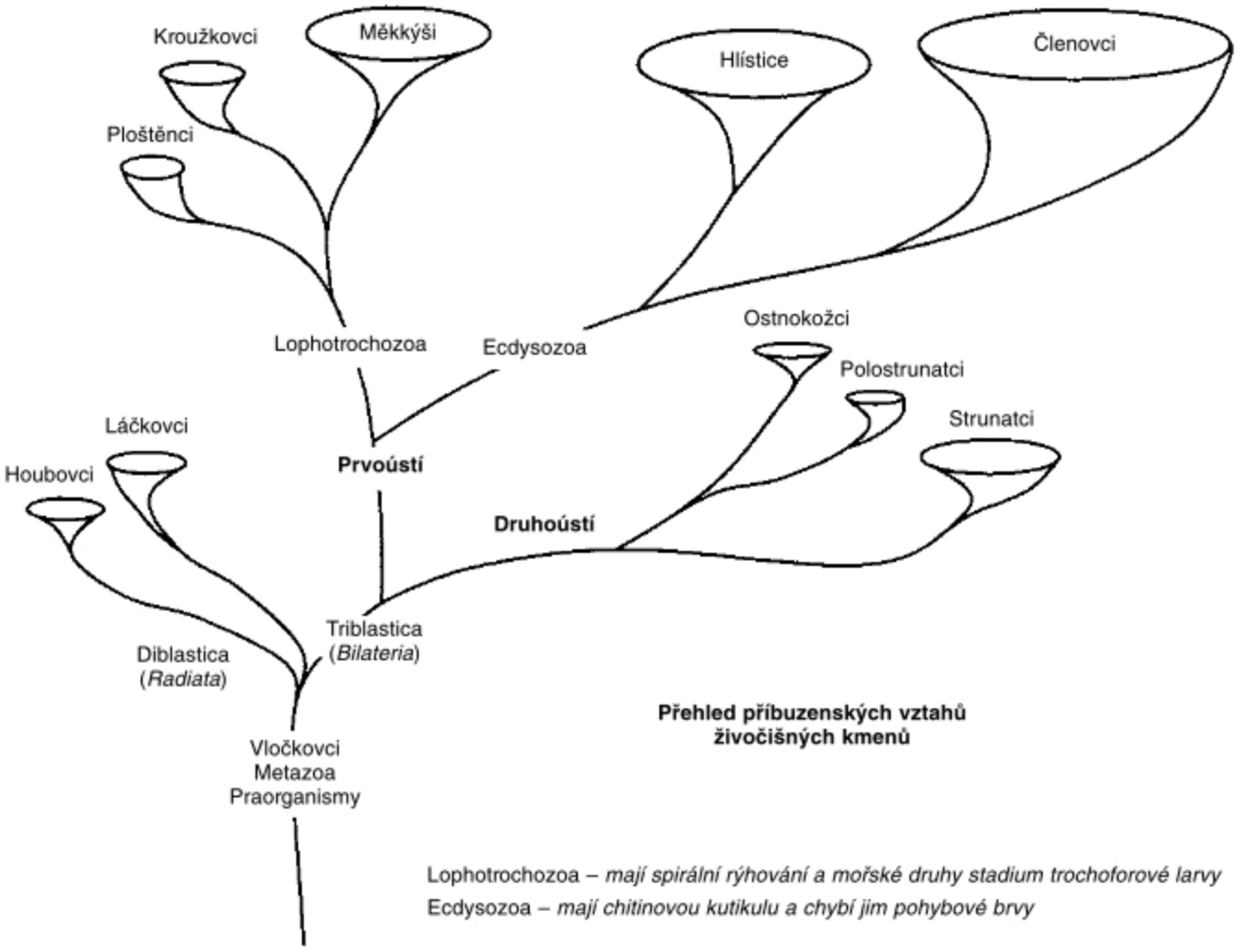
Jiný zásadní rozdíl mezi prvoústými a druhoústými je v původu mezodermu a s ním spojený vznik nepravých a pravých tělních drutin.

Mezoderm kmenů prvoústých s nepravými tělními dutinami vzniká vcestováním ektodermálních buněk *(viz obr. a)*. **Mezoderm kmenů prvoústých živočichů patřících mezi coelomové** vzniká tak, že se jednoduchá počáteční buňka rozdělí na dvě primordiální buňky *(nacházející se v blízkosti prvoúst v místě spojení ektodermu s entodermem)* jejich dalším dělením *(viz obr. b)*. U **kmenů živočichů druhoústých** se mezoderm zakládá jako pár váčků z endotermu prvostřeva *(viz obr. c)*.

Vznik mezodermu
a) prvoústých s nepravou dutinou tělní,
b) prvoústých coelomových, c) druhoústých

Coelemoví prvoústí se vyvíjeli jednak jako **nesegmentovaní** *(sumýšovci, rypohlavci, měkkýši)*, z nichž plicnatí plži osídlili jako první souš již v karbonu, a jednak jako **segmentovaní** *(drápkovci, kroužkovci, želvušky, členovci)*. Z **členovců** byli v prvohorních mořích *(kambrium – ordovik)* nejrozšířenější **trilobiti**. Nejvýše vyvinutou třídou členovců je **hmyz**. V **devonu** *(před asi 370 mil. let)* se hmyz přizpůsobil životu na souši a vznikly i první létavé formy.

Předchůdci druhoústých mohli být živočichové podobní žahavcům. Jedna jejich větev pravděpodobně směřovala k **ostnokožcům** *(dospělci paprsčitě souměrní, larvy souměrné dvoustranně)*, druhá směřovala k **polostrunatcům a obratlovcům** *(vznik žaberních štěrbin, trubicovité tělo s hlavovým a ocasním koncem)*. V **devonu** došlo k mohutnému rozvoji čtyř vývojových linií **rybovitých obratlovců** *(bezčelistnatci, pancířnatci, paryby, ryby)*.



Přehled příbuzenských vztahů živočišných kmenů

Lophotrochozoa – *mají spirální rýhování a mořské druhy stadium trochoforové larvy*
Ecdysozoa – *mají chitinovou kutikulu a chybí jim pohybové brvy*

Paryby mají kostru chrupavčitou, **ryby** převážně kostěnou. Z nich se **lalokoploutví** mohli přechodně pohybovat svými násadcovitými končetinami mimo vodní prostředí a plícemi dýchat vzdušný kyslík. Na lalokoploutvé v devonu vývojově navázali předkové dnešních obojživelníků – **krytolebci**, kteří v *triasu* vymřeli.

Nahradili je **ocasatí obojživelníci a žáby**, u nichž jsou na vodu bezprostředně vázány pouze jejich larvy *(pulci)*. Dochází k zdokonalování dýchání vzdušného kyslíku plícemi, ke ztrátě žaber, k přestavbě krevního oběhu a k vytváření mechanismů umožňujících hospodaření s vodou v těle.

Z obojživelníků nejlépe přizpůsobených k životu na souši vznikli **v karbonu** *(před 300 mil. let)* **plazi**. Šupinatá pokožka ochraňující před vysycháním, rozvoj vnitřní kostry a kráčivých končetin a zejména zárodečné obaly *(amnion, allantois)* s embryonální tekutinou jim umožňují existenci nezávislou na vodním prostředí.

V **permu** *(před 250 mil. let)* došlo k vývojovému rozšíření *(radiaci)* několika vývojových linií ještěrů, které většinou koncem druhohor vyhynuly.

Vývojové pokračování měli Thecodonti a Theriodonti. **Thecodonti** byli lehce stavění suchozemští plazi z nichž vznikli **krododýli, dinosauři a ptakoještěři**. Souběžně s ptakoještěry vznikali z drobných dinosaurů **ptáci**, kteří jsou doloženi nálezy z jurských usazenin *(před 170 mil. let)*. Plazi savcotvorní – **Theriodonti** jsou doloženi nálezy z **permu** *(před 250 mil. let)*. Koncem **triasu** *(před 200 mil. let)* došlo k jejich **mammalizaci** – ke vzniku prvních **savců**. Jedna jejich vývojová linie, známá z jury, směřovala k **savcům vejcorodým**.

V **křídě** *(před 100 mil. let)* se nezávisle na sobě vyvinuli **vačnatci a placentálové**, k jejichž mohutnému rozvoji došlo ve třetihorách *(**terciér** před 65 až 2 mil. let)*.

Výchozím typem jejich vývoje byli primitivní starobylé druhy **hmyzožravců**, od nichž odvozujeme vývojové linie směřující k šelmám, lichokopytníkům, hlodavcům a primátům.

Poznámky k fylogenetickému postavení jednotlivých skupin živočichů jsou rovněž uvedeny na str. 91, 94, 98, 104, 109, 113, 135, 139, 153, 158, 171, 189.

IV. EVOLUCE ORGÁNŮ A ORGÁNOVÝCH SOUSTAV ŽIVOČICHŮ

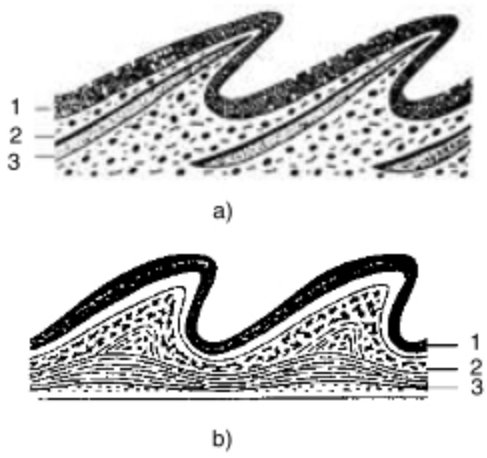
Tělo každého živočicha je ucelený systém, jehož orgány a orgánové soustavy svou stavbou a funkcí umožňují jeho aktivní zapojení do prostředí, jež obývá. V souvislosti s pokročilostí jeho fylogenetického vývoje dochází k morfologickému a funkčnímu zdokonalování jednotlivých soustav, které se projevuje v jejich zvyšující se účinnosti. Z tohoto hlediska si vyhodnotíme jednotlivé soustavy, přičemž budeme postupovat od těch, které zajišťují obecnější funkce, k soustavám s funkcemi speciálnějšími.

TĚLNÍ POKRYV *(integument)*

Tělní pokryv chrání živočicha před škodlivými vlivy prostředí. Podílí se i na výměně látkové *(doplňkové kožní dýchání obojživelníků, příp. potní žlázy savců),* bývá i sídlem smyslových orgánů a u homoiotermních živočichů se podílí na udržování stálé tělesné teploty *(srv. str. 273).*

Bezobratlí mají tělo kryto jednovrstevnou pokožkou *(např. u žahavců obsahuje i žahavé buňky, u měkkýšů je prostoupena slizovými žlázami a v plášťové části produkuje pevné schránky atp.),* která u většiny druhů vylučuje pevnou kutikulu. Ta je u členovců prostoupena chitinem a plní funkci vnější kostry živočicha.

Obratlovci mají kůži tvořenou vícevrstevnou pokožkou, škárou a podkožním vazivem. U většiny druhů se v ní nacházejí barviva *(pigmenty),* způsobující barevnost živočicha. Vývojem se vytvořila řada adaptací, zvyšujících odolnost pokožky proti vnějším vlivům: škára a pokožka se podílejí na vzniku plakoidních šupin paryb, rohovitých šupin plazů a peří ptáků, kostěné šupiny ryb se vyvíjejí pouze ze škáry, kdežto srst savců vzniká pouze z pokožky. Kožního původu jsou i rohovité útvary: drápy, kopyta, nehty, chlupy, rohy, šupiny, krunýře, ale i žlázy *(slizové u ryb a obojživelníků, jedové u některých druhů obojživelníků, kostrční žlázy ptáků, potní, mazové, pachové a mléčné žlázy u savců).* Svrchní části pokožky jsou odumřelé, necitlivé, odlučují se a periodicky obnovují *(svlékání, pelichání, línání).* Svlékání je i nezbytnou podmínkou růstu v ontogenetickém vývoji bezobratlých.



Srovnání kůže ryby (a) **a ještěrky** (b) *(průřez)*
a) 1 – pokožka, 2 – škára, 3 – šupina
b) 1 – pokožka, 2 – pigmentová jizva, 3 – škára

SOUSTAVA OPORNÁ *(kostra – skelet)*

Charakteristickou vlastností živočichů je pohyb. Účinnost pohybového svalstva je zabezpečena pouze tehdy, je-li upnuto k vyztuženým částem těla.

Pro bezobratlé je charakteristické utváření **vnější kostry** *(např. chitinózní kutikula členovců či vápenaté destičky ostnokožců),* na niž se zevnitř upínají příčně pruhované svaly, uskutečňující pohyb živočicha *(str. 238).* Hlavonožci mají jen chrupavčité pouzdro chránící mozek.

Obratlovci mají vyvinutou **kostru vnitřní**. Jejím základem je struna hřbetní *(chorda dorsalis),* která je postupně zatlačována chrupavčitou *(kruhoústí, paryby, jeseteři)* nebo kostěnou kostrou *(obratlovci) (srv. str. 251).*

Na osní kostře pozorujeme s přechodem na souš postupnou diferenciaci *(u ryb pouze oddíl trupový a ocasní, u savců již oddíl krční, hrudní, bederní, křížový a ocasní).* K vytvoření hrudního koše *(a tím i vysoce výkonné výměny plynů v plicích)* dochází v souvislosti s adaptací k suchozemskému způsobu života poprvé u plazů.

Kostra lebky má část mozkovou, poskytující ochranu mozku a smyslovým orgánům, a část obličejovou. U vyšších obratlovců bývá mozková část lebky spojena s páteří pohyblivě *(umožňuje to dokonalejší využití smyslových orgánů).*

Rozlišujeme dva způsoby zakloubení lebky:

a) jedním týlním hrbolem *(plazi, ptáci)*
– lebka **monokondylní**;

b) dvěma týlními hrboly *(obojživelníci, savci)*
– lebka **bikondylní**.

Obličejová část lebky vznikla přeměnou žaberních oblouků a plní nezastupitelnou funkci v přijímání potravy. Mimořádně se vyvinula zejména u suchozemských strunatců, u nichž v souvislosti s rozvojem plicního dýchání pozbývají žaberní oblouky svou původní funkci.

U vodních obratlovců je zdrojem pohybu ocasní svalstvo. Jejich párové končetiny – ploutve – slouží ve vodním prostředí převážně ke stabilizaci polohy těla. Stavbu končetin suchozemských obratlovců odvozujeme od stavby párových ploutví svaloploutvých.

SVALSTVO *(muskulatura)*

Nezbytnou součástí pohybového ústrojí je svalovina. První svalová vlákénka – **myofibrily** – pozorujeme v ektodermálním epitelu žahavců. U ploštěnců a hlístic je pod pokožkou několik vrstev hladké svaloviny – **podkožní svalový vak**. Pohybová svalovina měkkýšů je soustředěna do jejich nohy *(zde již rozlišujeme natahovače a svěrače)*. Kroužkovci mají kromě okružní a podélné **hladké svaloviny** i svalové skupiny ovládající parapodia. Výkonné pohybové svalstvo členovců se upíná zevnitř na chitinový krunýř *(str. 113)*.

Zdrojem pohybu rybovitých obratlovců, obývajících vodní prostředí, je vlnění ocasní části těla. Je způsobováno mohutným bočním svalem, děleným na krátké úseky, zvané **myomery**. V souvislosti se suchozemským způsobem života se vytvářejí desítky samostatných svalů, které se upínají na příslušné části kostry. Je pozoruhodné, že letové svalstvo ptáků není umístěno v křídlech *(sem sahají pouze vazy)*, nýbrž v prsní části trupu. U savců je vyvinut plochý dýchací sval – **bránice**, oddělující v tělní dutině prostor hrudní a břišní, ploché podkožní svaly *(ježek, kůň)*, příp. svalstvo mimické *(primáti a šelmy), (srv. str. 255)*.

NERVOVÁ SOUSTAVA

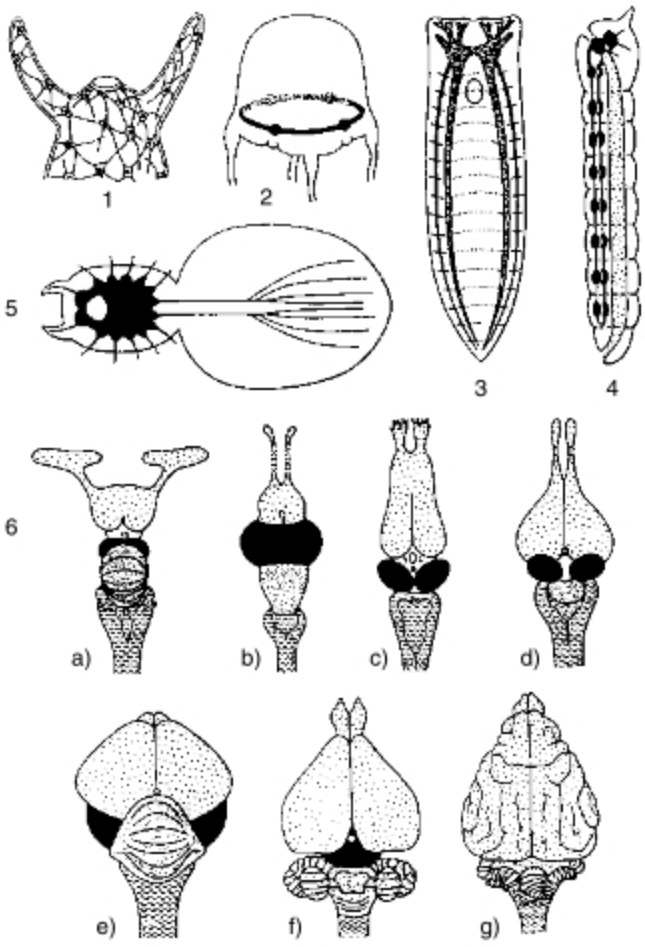
Buňky, tkáně a orgány živočišného těla tvoří vzájemně harmonický celek. Součinnost jeho jednotlivých částí je zajišťována nervovou soustavou, která je ostatním tělesným orgánům funkčně nadřazena.

Zcela nejjednodušší nervovou soustavu mají polypi žahavců. Je tvořena vzájemně propojenými buňkami, které jsou po těle polypa nepravidelně rozptýleny. Reakce této **difuzní nervové soustavy** na podněty z prostředí je všesměrná. U většiny bezobratlých dochází k seskupování nervových buněk, které tvoří provazce *(ploštěnci, hlístice)* nebo zauzliny – **ganglia** – *(měkkýši)*. Největší nahromadění nervové tkáně je v mozkovém gangliu hlavonožců. U kroužkovců a členovců probíhají na břišní straně těla dva podélné nervové pruhy, tvořené v každém článku párem ganglií, která jsou vzájemně propojena nervovými spojkami. Podle svého charakteristického tvaru je tento typ uspořádání označován jako **nervová soustava žebříčkovitá**. U členovců navíc dochází ke splývání ganglií a jejich koncentraci v přední *(hlavové)* části těla. Ostnokožci mají nervovou soustavu kruhovitou. Ze základního nervového prstence pak vybíhají paprsčitě výběžky.

Nervová soustava obratlovců je **trubicovitá**. Vzniká během ontogeneze živočicha z ektodermu hřbetní části jeho těla.

Je tvořena částí **centrální** *(mozek a mícha)* a **periferní** *(obvodové nervstvo)*. U všech obratlovců má v podstatě stejnou stavbu. Liší se jen velikostí a členitostí jednotlivých částí mozku v závislosti na stupni dokonalosti jeho vývoje. U obratlovců tvoří mozek pět částí:

1. **Prodloužená mícha** *(myelencephalon)* je pokračováním páteřní míchy. Jsou v ní spojovací dráhy, centrum dýchání, oběhu tělních tekutin, aktivity a spánku.
2. **Mozeček** *(metencephalon)* je ústředím pro koordinaci pohybu a polohy těla. Poměrně největší je u plazů, ptáků a savců, kteří vykonávají rychlé a složité pohyby.
3. **Střední mozek** *(mesencephalon)* je u nižších obratlovců hlavním mozkovým centrem. U vyšších obratlovců je přepojovacím centrem zrakových a sluchových podnětů *(u ryb centrem vjemů postranní čáry a u ptáků centrem zraku)*.
4. **Mezimozek** *(diencephalon)* je nadřazen vegetativním funkcím živočichů *(regulace příjmu potravy, termoregulace, ovulace atp.)*. Z mezimozku se vychlipují i buňky oční sítnice. Spodní část mezimozku je propojena s nejvýznamnější endo-



Typy nervové soustavy živočichů
1 – rozptýlená nervová soustava nezmara,
2 – nervová soustava medúzy,
3 – provazcovitá nervová soustava ploštěnky,
4 – žebříčkovitá nervová soustava kroužkovců,
5 – gangliová nervová soustava pavouka *(černě)*,
6 – mozek obratlovců:
a) žraloka, b) ryby, c) žáby, d) plaza, e) holuba,
f) králíka, g) psa
(koncový mozek tečkovaně, mezimozek bíle, střední mozek černě, zadní mozek hustě tečkovaně, prodloužená mícha příčně čárkovaně)

krinní žlázou hypofýzou, která kromě vlastní produkce hormonů řídí i činnost ostatních žláz s vnitřní sekrecí.

5. **Koncový mozek** *(telencephalon)* je u nižších obratlovců centrem čichu, u vyšších obratlovců je hlavním mozkovým centrem. Je tvořen dvěma polokoulemi *(hemisférami)*, které u plazů a vývojově vyšších obratlovců mají druhotnou kůru mozkovou. Její plocha *(a tím i kapacita)* se zvětšuje vytvářením vrás a závitů *(gyrifikace)*.

Mícha *(medulla spinalis)* je nejstarší část centrálního nervového systému. Po celé své délce má jednotnou stavbu. Na rozdíl od mozku je u míchy šedá hmota tvořena neurony uvnitř *(svým tvarem na průřezu připomíná motýla)* a bílá hmota *(tvořena nervovými vlákny)* na obvodu. Odstupují z ní párové míšní nervy, jejichž hřbetní kořeny jsou dostředivé a břišní kořeny jsou odstředivé *(mají motorickou funkci)*, *(srv. str. 279)*.

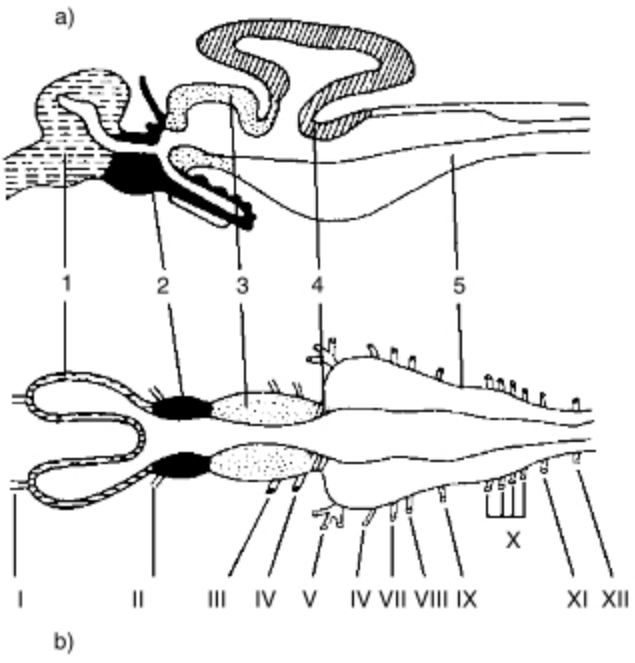


Schéma mozku obratlovců
a) svislý řez, b) vodorovný řez
1 – koncový mozek, 2 – mezimozek, 3 – střední mozek, 4 – mozeček, 5 – prodloužená mícha; I–XII mozkové nervy

Pro úplnost dodejme, že kromě nervové soustavy se na řízení organismu podílí i soustava žláz s vnitřní sekrecí *(endokrinní žlázy)*, které nemají samostatné vývody a své výměšky – **hormony** – předávají osmoticky přímo do krve *(hypofýza, štítná žláza, brzlík, nadledvinky, Langerhansovy ostrůvky a pohlavní žlázy; viz biologie člověka str. 275)*.

SMYSLOVÉ ORGÁNY

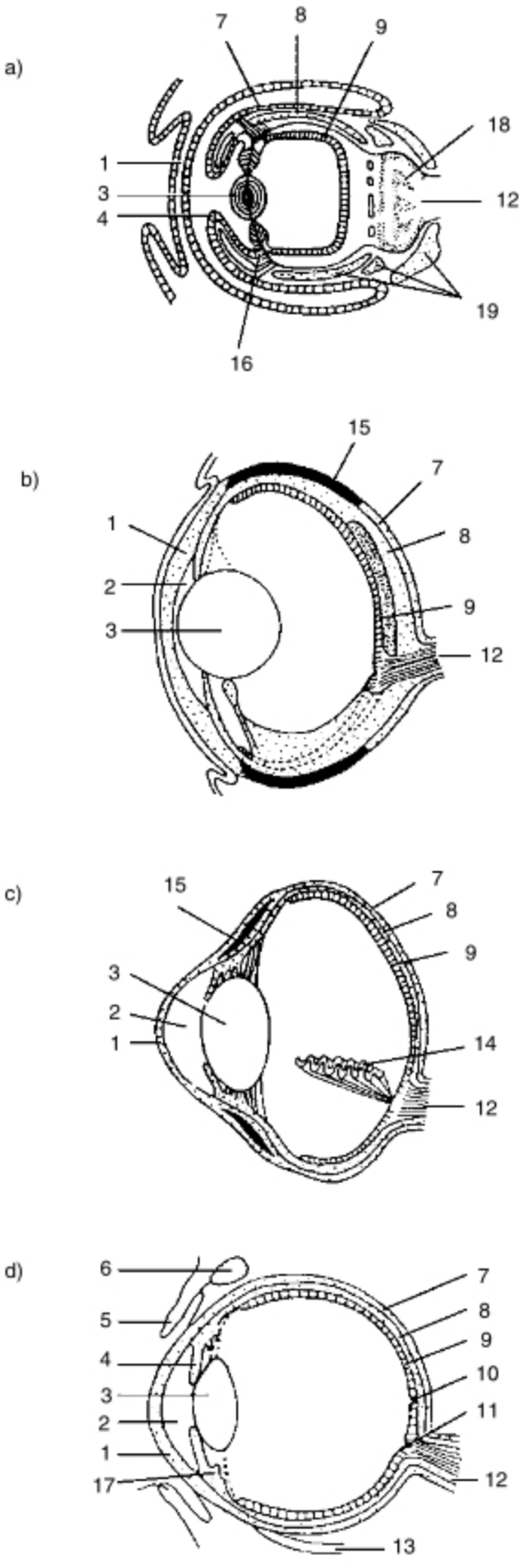
Živočicha s okolím spojují smyslová ústrojí *(receptory)*. Rozlišujeme **exteroreceptory** a **interoreceptory**. K nejpůvodnějším smyslovým orgánům patří ty, které vnímají mechanické podněty. Bezobratlí mají hmatové brvy rozptýleny po celém povrchu těla. U vodních bezobratlých a u hmyzu plní funkci proudového čidla. Vjemy o chemických vlastnostech prostředí dodávají **chemoreceptory**. Medúzy a korýši mají vyvinuto i **ústrojí pro vnímání polohy**. V holeních předních noh kobylek se nacházejí tympanální ústroje se **sluchovou funkcí**. Světlo zachycují **čidla zraková**. Prvoci mají světločivou skvrnku *(stigma)*. Z mnohobuněčných mají vnímání světla na nejnižší úrovni *(světlo – tma)* kroužkovci *(vnímají v pokožce rozptýlenými buňkami – faosomy)*.

Se stupněm vývojové dokonalosti dochází k zanořování sítnice. Rozlišujeme pak **ploché oči** medúz, **miskovité oči** ploštěnek, **pohárovité oči** měkkýšů a nejdokonalejší – **komorové oči** hlavonožců *(mají již schopnost zaostřování obrazu na sítnici)*. Členovci mají své **složené oči** *(str. 126)* dokonale uzpůsobeny k vnímání směru dopadajícího světla.

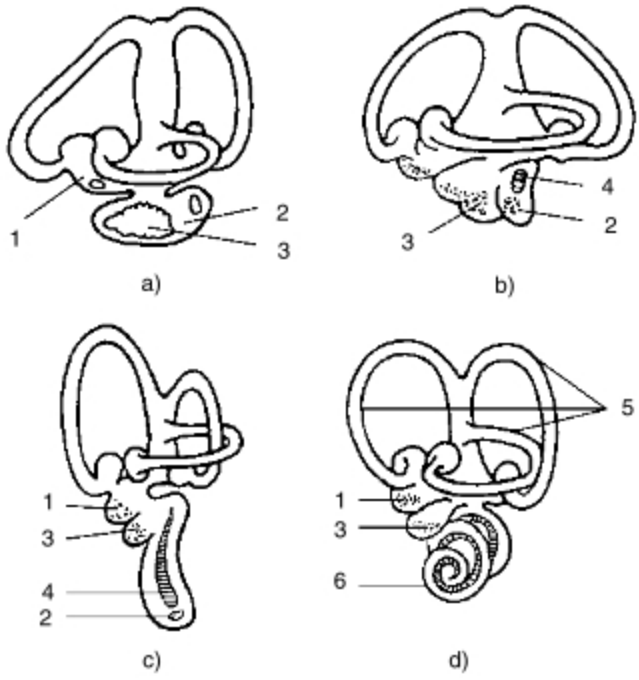
Velmi dokonalé je **komorové oko** obratlovců. U nižších obratlovců se zaostřování provádí posunem čočky k sítnici. U vyšších obratlovců dochází k zaostřování změnou tvaru *(akomodací)* čočky. **Barevné vidění** bylo prokázáno již na úrovni kostnatých ryb a obojživelníků, u řady plazů, většiny savců a u všech ptačích druhů, pro něž je zrak nejdůležitějším ze smyslů. Z ontogenetického hlediska je oko orgán smíšeného původu: rohovka a čočka vzniká z ektodermu, sítnice je vychlípeninou mezimozku a ostatní části oka mají původ mezodermální.

Oči jsou chráněny víčky. Obojživelníci, plazi a ptáci mají navíc vyvinuto třetí víčko – **mžurku**, která leží nejblíže rohovce a zatahuje se z vnitřního k vnějšímu koutku oka.

Sídlem **ústrojí sluchu a rovnováhy** je vnitřní ucho. Je tvořeno blanitým labyrintem a třemi polokruhovitými chodbami. Ontogeneticky i funkčně je blízké proudovému orgánu, z něhož pravděpodobně vzniklo. Je vytvořeno u všech obratlovců a během fylogenetického vývoje se výrazně zdokonaluje. U vyšších obratlovců je jedním z nejvýznamnějších smyslů. Původnější funkcí je vnímání polohy a pohybu. Sluchová funkce je odvozenější. Obojživelníci, plazi a ptáci mají střední ucho, v němž je vyvinuta pouze jediná sluchová kůstka, savci mají sluchové kůstky tři. Střední ucho je propojeno s přední částí hltanu Eustachovou trubicí. Vnější ucho je vytvořeno jen u ptáků a savců *(kteří mají navíc vyvinut ušní boltec)*.



Anatomie komorového oka
a) hlavonožci, b) ryby, c) ptáci, d) savci
1 – rohovka, 2 – přední komora oční, 3 – čočka, 4 – duhovka, 5 – víčka, 6 – slzné žlázy, 7 – bělima, 8 – cévnatka, 9 – sítnice, 10 – žlutá skvrna, 11 – slepá skvrna, 12 – oční nerv, 13 – okohybné svaly, 14 – pekten, 15 – sklerotikální prstenec, 16 – žláza cévnatky, 17 – řasnaté tělísko, 18 – optický ganglion, 19 – chrupavky



Vývoj sluchového ústrojí obratlovců
a) ryba, b) žába, c) pták, d) savec
1 – vejčitý váček, 2 – lagena, 3 – kulovitý váček, 4 – sluchové buňky, 5 – polokruhovité chodby, 6 – hlemýžď

Nejstarobylejším smyslovým ústrojím je **orgán čichový**. Molekuly látek vnímaných čichem jsou u vodních obratlovců přenášeny proudem vody, u suchozemských obratlovců proudem vzduchu. Čichový orgán je u obratlovců jedním z vůdčích smyslů s mimořádným významem pro jejich chování i ekologii *(umožňuje vyhledávání potravy, vyhledávání sexuálního partnera atp.)*.

Zcela zvláštním ústrojím vnímajícím chemické podněty je **Jacobsonův orgán** šupinatých plazů *(druhotně chybí želvám, krokodýlům, ptákům a některým savcům)*. Je tvořen slepými kapsami s čichovou sliznicí, které se otevírají do nosní nebo ústní dutiny. Hlavním smyslovým ústrojím původně vodních obratlovců a larev obojživelníků je **proudový orgán** *(postranní čára – linea lateralis)*, tvořený smyslovými buňkami *(neuromasty)*, vnořenými do mělkých brázd na povrchu těla, příp. vnořenými pod kůži a kanálky spojenými s povrchem těla. Umožňuje orientaci živočicha v kalné vodě a za tmy *(viz str. 143)*.

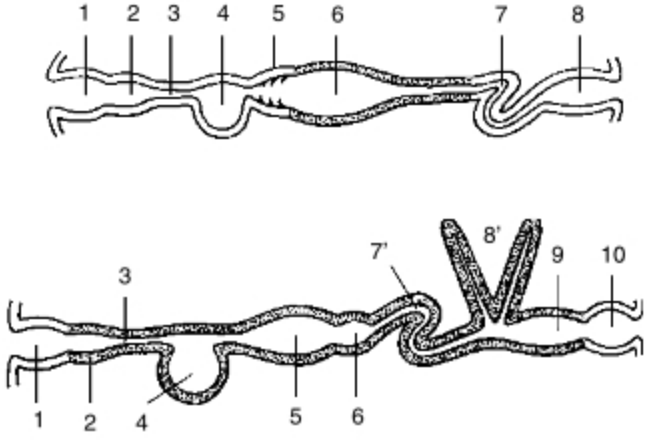
TRÁVICÍ SOUSTAVA

Život každého živočicha je podmíněn přísunem vody, energie, živin, vitaminů a minerálních látek v potravě. K jejímu přijímání, chemickému a mechanickému zpracování, transportu a vstřebávání slouží trávicí soustava. Ta **není vyvinuta** pouze u některých prvoků a parazitů *(tasemnice)*, kteří **přijímají potravu celým povrchem těla** *(osmoticky)*. Avšak i na úrovni prvoků *(trepka)* již známe organely pro příjem *(buněčná ústa)* a zpracování potravy *(potravní vakuola)*. U houbovců je potrava trávena

nitrobuněčně *(intracelulárně),* u ostatních živočichů mimobuněčně v trávicí soustavě *(extracelulárně).*

Živočichové často vytvářejí orgány k uchvácení *(chapadla korálnatců)* a prvnímu zpracování potravy *(radula plžů, bodavé a savé ústrojí mšic, ozubené čelisti pijavky a mihule, kusadla hmyzu, zuby obratlovců atp.).* Pozoruhodný způsob trávení mají pavouci a některé druhy hmyzu *(larvy mravkolva, larvy potápníka),* kteří do chycené a zapředené kořisti vpouštějí trávicí fermenty. Potrava je tak několik hodin štěpena mimo tělo *(mimostřevní – extraintestinální trávení).* Natrávený tekutý obsah kořisti je pak nasáván svalnatým jícnem.

Nejjednodušším typem trávicí soustavy je vakovitá **láčka** *(má jediný otvor přijímací a současně vyvrhovací)* žahavců nebo ploštěnek. Kromě trávicí funkce plní i funkci rozvádění živin – **gastrovaskulární systém**. U ostatních bezobratlých je již vytvořena **trávicí trubice** *(se samostatným otvorem ústním a řitním)* různé délky a složitosti. Má několik částí: ústní dutinu se slinnými, případně jedovými žlázami, hltan *(vychlípitelný, příp. sací),* jícen *(u včel např. rozšířený v medný váček),* žaludek *(střední střevo),* střevo a konečník.



Srovnání trávicí trubice brouka (a) **a ptáka** (b)
1 – dutina ústní, 2 – hltan, 3 – jícen, 4 – vole,
5 – žaludek žvýkací, 6 – žaludek žláznatý, 7 – střevo,
7' – tenké střevo, 8 – konečník, 8' – slepé střevo,
9 – tlusté střevo, 10 – kloaka

U bezobratlých vzniká trávicí soustava s výjimkou žláznatého žaludku **z ektodermu**. Naproti tomu je **trávicí soustava obratlovců** převážně **původu entodermálního**. Vchlípením ektodermu vzniká jen její začátek a konec, tedy dutina ústní a řiť. Býložraví obratlovci mívají delší a složitější trávicí soustavu než obratlovci masožraví.

Ústa obratlovců mají funkci uchopovací *(u savců mají vyvinuty masité rty, umožňující sání).* Významnou roli má jazyk, který potravu mísí *(u některých druhů je vysunovatelný a podílí se na získávání potravy).* Do ústní dutiny ústí u suchozemských druhů slinné žlázy. Významnou roli při mechanickém zpracování potravy mají zuby.

Hltanem potrava přechází do jícnu a žaludku. Z hltanu se během vývoje vychlipují dýchací orgány *(žábry, plíce).* **Žaludek** sloužil původně jako zásobárna potravy. Posléze se vyvinula jeho funkce trávicí. Žaludek nemají kruhoústí, chiméry a některé ryby. Ptáci mají žaludky dva *(žláznatý a svalnatý),* přežvýkavci mají žaludek složen ze čtyř částí *(velbloudi ze tří částí).*

Střevo je místem většiny štěpných pochodů *(u vyšších obratlovců do něj ústí slinivka břišní a z jater žlučovody).* U vodních obratlovců je střevo poměrně krátké, jeho vstřebávací plocha je zvětšena buď spirální řasou *(paryby),* je složeno v kličky *(ryby),* nebo má vyvinuta slepá střeva *(ptáci a savci).* Obě nejvyšší třídy obratlovců mají ve sliznici vyvinuty i drobné výrůstky – klky, rozšiřující trávicí plochu.

Savci mají rozlišeno tenké střevo s klky, které má trávicí funkci a střevo tlusté *(bez klků, s funkcí vstřebávání /resorpce/ vody).* Posledním úsekem střeva je **konečník**. Kromě mihulí, ryb a placentálních savců mají obratlovci společný močopohlavní vývod – **kloaku**. Trávicí trubice vyúsťuje na povrch těla otvorem řitním.

DÝCHACÍ SOUSTAVA

Živiny, které živočich přijal s potravou a zabudoval do svých tkání, jsou zdrojem energie, potřebné k jeho životu. K jejímu uvolňování dochází okysličováním při dýchání. Poněvadž se energie neustále spotřebovává, je dýchání nezbytnou životní funkcí. Rozlišujeme **dýchání vnější** *(mezi tělem a okolním prostředím)* a **dýchání vnitřní** *(výměna plynů uvnitř tkání živočicha).*

Buňky v kolonii prvoků a buňky houbovců dýchají každá samostatně. Živočichové, jejichž povrch je vzhledem k objemu těla malý, takže kožní dýchání nestačí pokrýt spotřebu kyslíku, vytvářejí několik typů dýchacích orgánů *(všechny mají různým způsobem zvětšenou dýchací plochu).* Vodní živočichové dýchají zpravidla **žábrami**, suchozemští buď **vzdušnicemi**, nebo **plícemi**.

Nejjednodušší dýchání je tedy **celým povrchem těla** *(žahavci, ploštěnky, máloštětinatci, drobní členovci).* Mnohoštětinatci, někteří měkkýši a vodní korýši mají vytvořeny **žábry** *(zvrásněné vychlípeniny pokožky, jsou tedy* **ektodermálního původu**!*).* Obvykle bývají umístěny v místech přítoku čerstvé, prokysličené vody *(např. u perloočky na neustále kmitajících hrudních nožkách).* Pavouci a štíři dýchají **plicními vaky**, umístěnými v zadečku *(rovněž vznikly z pokožky, ale vchlípením).* Funkci plicních vaků plžů plní vnitřní, bohatě prokrvená vrstva plášťové dutiny.

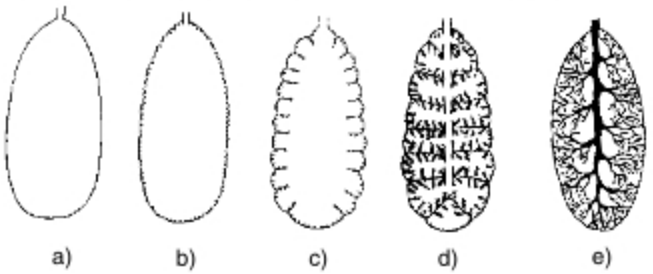
Vzdušnicovci, někteří pavoukovci a pačlenovci dýchají soustavou trubic, vzniklých vchlípením pokožky *(opět ektodermálního původu),* které prostu-

pují celým tělem. Jsou to **vzdušnice**, jimiž je kyslík přiváděn tkáním přímo, bez prostřednictví krve *(příp. krvomízy)*. Larvy hmyzu, žijícího ve vodě *(jepice, vážky, pošvatky)*, vytvářejí v návaznosti na vzdušnicové dýchání dospělých **vzdušnicové žábry**. Kromě toho mají např. larvy vážek schopnost **dýchání konečníkem**.

V živočišné říši je zcela ojedinělým typem dýchací soustavy tzv. **ambulakrální soustava** ostnokožců, tvořená chodbami, procházejícími uvnitř těla živočicha, jimiž proudí mořská voda.

Nižší strunatci *(sumky)* mohou rovněž dýchat povrchem těla *(někteří i ústní sliznicí, která je kožního původu)*. U obojživelníků má kožní dýchání významnou doplňkovou funkci. U obratlovců se na předním oddílu trávicí trubice vyvíjejí specializované dýchací orgány *(buď žábry, plicní vaky, nebo plíce)*. Parybám narůstají **žaberní lupínky** přímo na mezižaberních přepážkách. U ryb, které mají žaberní přepážky redukovány, nasedají žaberní lupínky na žaberní oblouky, kryté vně skřelemi. Pulci obojživelníků mají **keříčkovité vnější žábry**.

Plicní vaky násadcoploutvých ryb i **plynový měchýř** ryb kostnatých vznikají jako vychlípeniny hltanu. Vývojovým zdokonalením plicních vaků vznikly **plíce** suchozemských obratlovců. Jsou uspořádány párově *(pravá plíce bývá větší než levá, levá plíce u červořů a hadů je zcela zakrnělá)*. Výkonnost plic je podmíněna velikostí jejich vnitřního povrchu, stupněm prokrvení plicní tkáně a způsobem dýchání. Obojživelníci mají plíce vakovité, s nepatrně zřasenou plicní stěnou a dýchání se uskutečňuje pouhým polykáním vzduchu *(nemají vytvořen hrudní koš)*. Plazi již mají v plicích vytvořeny záhyby a přepážky. Nejdokonalejší plíce mají savci. Jejich bohatě prokrvená houbovitá plicní tkáň je tvořena miliony plicních sklípků *(alveoly)*. Dýchání plic uskutečňuje hrudní koš *(s vyvinutým mezižeberním svalstvem)* a bránicí. Zvláštností jsou trubicovité plíce ptačí, které jsou vcelku malé a málo roztažitelné. V jejich pokračování jsou ale vyvinuty plicní vaky, zasahující mezi útrobní orgány. Kromě pneumatizace *(nadlehčování)* a vnitřního ochlazování těla plicní vaky umožňují dokonalejší využití dýchaného vzduchu, který tak ptačími plícemi prochází dvakrát *(tam a zpět)*, *(srv. str. 263)*.



Schematické srovnání vnitřních členění plic u různých čtyřnožců
a) plíce čolka, b) plíce žab, c) plíce některých plazů, d) plíce želv a krokodýlů, e) plíce savců

Ve vývojové řadě obojživelníci – savci se vyvíjejí i **dýchací cesty**, přivádějící vzduch do plic. Jejich počátkem jsou nozdry. V hltanu se dýchací cesty kříží s trávicí trubicí. Hrtanovou štěrbinou jde vzduch do hrtanu a průdušnice, která se větví na dvě průdušky, vstupující do pravé a levé plíce. Součástí přívodních dýchacích cest jsou **zvukotvorné** *(hlasové)* **orgány**, tvořené vazy, svaly a hlasivkami. U žab, u některých druhů plazů a savců jsou umístěny v hrtanu, u ptáků na přechodu mezi průdušnicí a průduškami *(bifurkace)*. Zvuky jsou vydávány rozechvíváním hlasových blan vydechovaným vzduchem *(zvuk je často zesilován ozvučnými ústroji – rezonátory)*.

Obdobným orgánem plic je **plynový měchýř** kostnatých ryb. Má funkci hydrostatického ústroje. Vzniká z hřbetní strany hltanu, je nepárový a je umístěn nad trávicí trubicí. Neuplatňuje se při vlastním dýchání, ale umožňuje rybám vznášet se ve vodě bez vynaložení svalové práce.

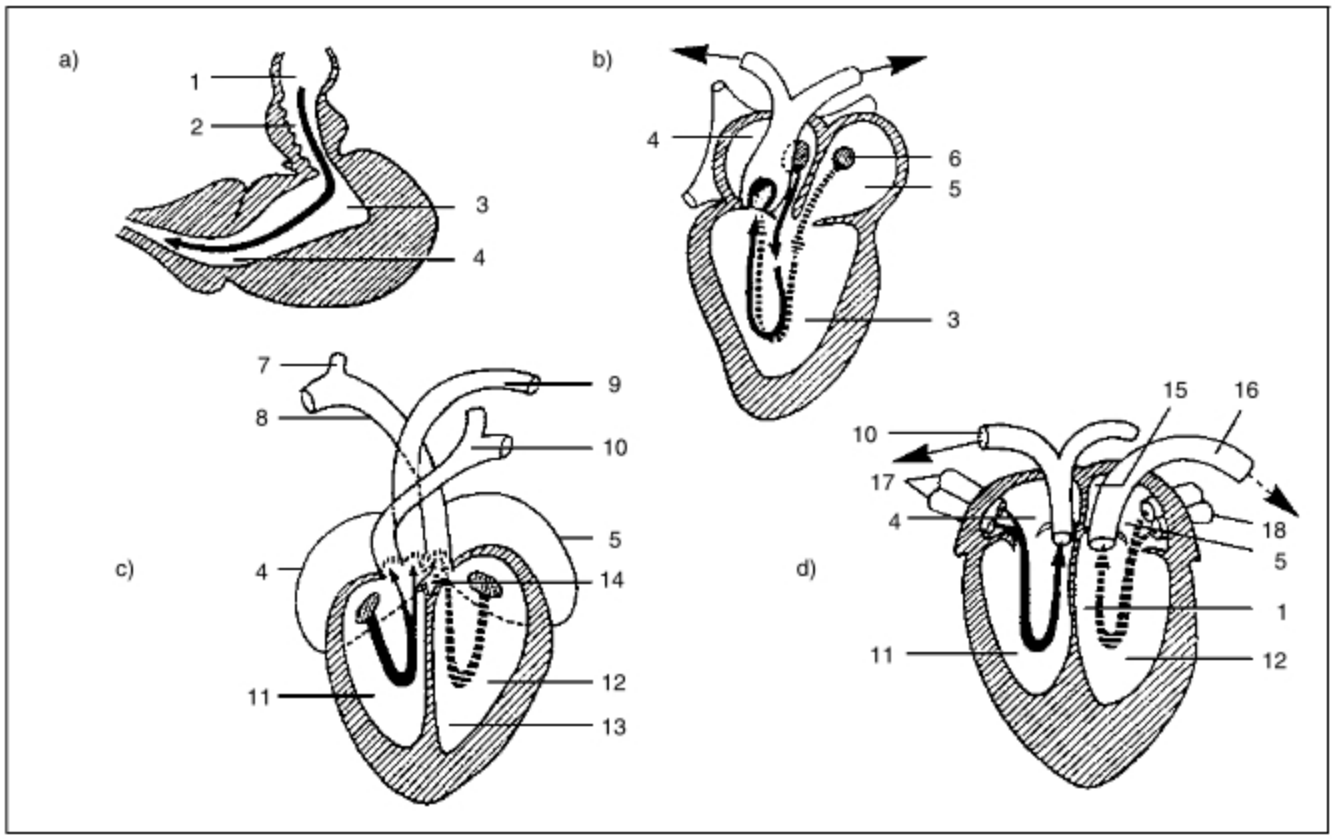
CÉVNÍ SOUSTAVA

Vývojově jednodušší živočichové *(houby, žahavci, ploštěnci)* žádnou cévní soustavu nemají. Zvláštní oběhovou soustavu zajišťující oběh tělních tekutin *(krev, míza, krvomíza, tkáňový mok)* vytvářejí až živočichové s druhotnou dutinou tělní *(coelom)*. Jejím prostřednictvím je rozváděn kyslík a živiny k jednotlivým tkáním a buňkám.

U **bezobratlých** se vyvinuly dva odlišné typy oběhových soustav. **Cévní soustava uzavřená**, rozvádějící pouze krev, je vytvořena u kroužkovců. Jejich míza oplachuje tkáně volně, v cévách nekoluje a s krví se nemísí. Centrem uzavřené cévní soustavy je hřbetní céva. Neuzavřený systém cév měkkýšů a členovců nazýváme **otevřená cévní soustava**. Tělní tekutinou je krvomíza *(hemolymfa)*, volně se rozlévající do mezibuněčných prostor. Do pohybu je krvomíza uváděna buď hřbetní cévou s řadou nasávacích otvorů *(členovci)*, nebo srdcem s jednou komorou a jednou *(plži)*, dvěma *(mlži)* nebo čtyřmi předsíněmi *(někteří hlavonožci)*. Tělní tekutina ostnokožců proudí soustavou vnitřních cév, v nichž dochází k mísení s mořskou vodou – **pseudohemální soustava**. Ostnokožci srdce nemají.

Obratlovci **mají cévní soustavu uzavřenou**. Jejich krev koluje systémem cév a do pohybu je uváděna stahy srdce *(přívodní cévy –* **žíly** *– mají tenčí stěny a kapsovité chlopně zabraňující zpětnému toku krve, cévy odvádějící krev od srdce –* **tepny** *– mají stěny silnější a pružné. Vlastní výměna plynů v tkáních se uskutečňuje z* **vlásečnic***, prostupujících všemi tkáněmi)*.

Vodní obratlovci dýchající žábrami mají **srdce venózní**, tvořené jednou předsíní a jednou komorou. Prochází jím pouze odkysličená krev z těla, kterou srdce čerpá do žaber, v nichž dochází k jejímu prokysličení. Krevní oběh je zde pouze jeden: srdce–žábry–tělo–srdce.

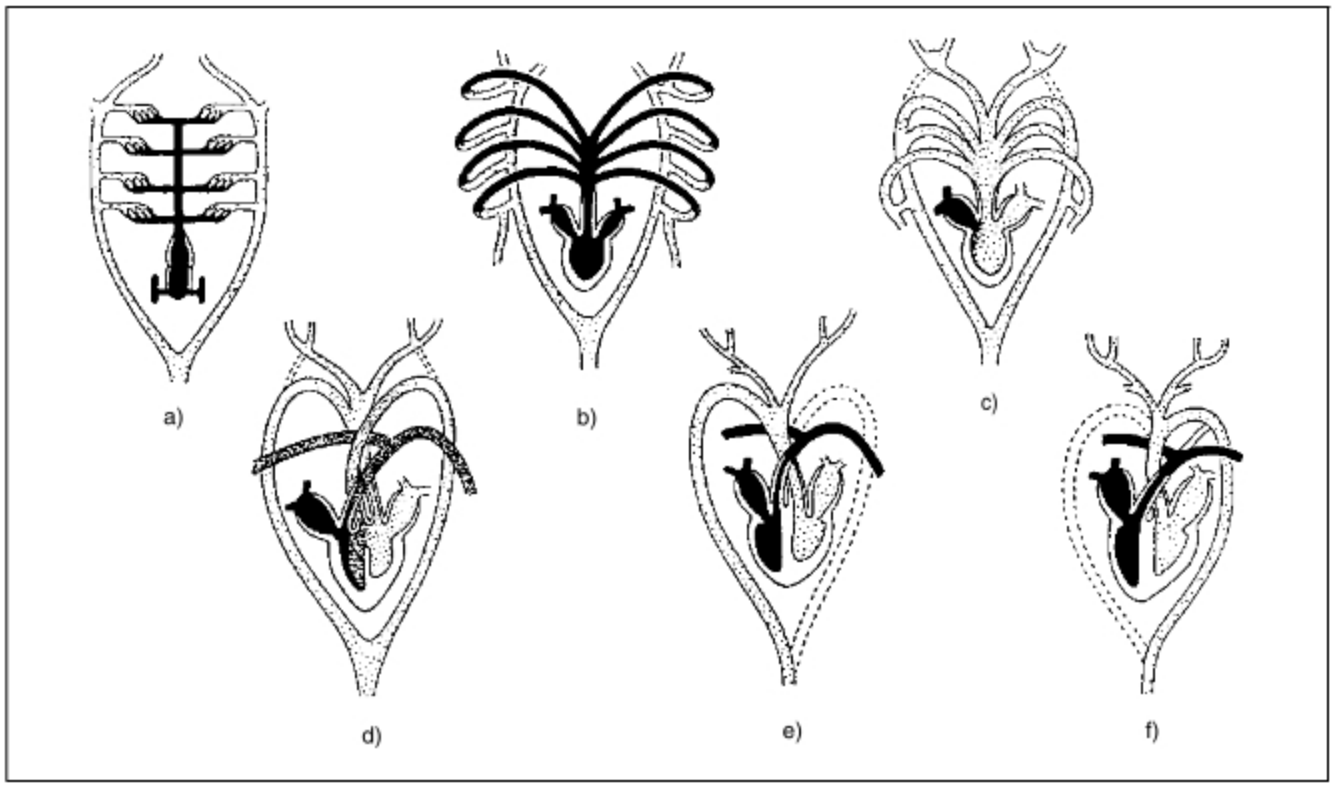


Stavba srdce obratlovců

a) ryba, b) žába, c) krokodýl, d) savec

1 – žilní splav, 2 – předsíň, 3 – komora, 4 – pravá předsíň, 5 – levá předsíň, 6 – vstup plicních žil do levé předsíně, 7 – krkavice, 8 – pravý oblouk aorty, 9 – levý oblouk aorty, 10 – plicní tepna, 11 – pravá komora, 12 – levá komora, 13 – mezikomorová přepážka, 14 – foramen Panizzae, *(otvůrek v komorové přepážce krokodýlů)*, 15 – přepážka mezi předsíněmi, 16 – aorta, 17 – duté žíly, 18 plicní žíly

(Šipkami je vyznačeno proudění krve: plná šipka – krev odkysličená, čárkovaná – okysličená)



Uspořádání cévní sustavy

a) ryba, b) pulec, c) dospělý obojživelník, d) plaz, e) pták, f) savec

(Okysličená krev řídce tečkovaná, odkysličená krev černě, smíšená krev hustě tečkovaná)

S rozvojem plicního dýchání suchozemských obratlovců se cévní systém diferencuje. Tvoří se velký neboli **tělní krevní oběh**: srdce–tělo–srdce *(z levé srdeční komory do těla a zpět do pravé srdeční předsíně);* a malý neboli **plicní krevní oběh**: srdce–plíce–srdce *(z pravé srdeční komory do plic a zpět do levé srdeční předsíně).* V evoluční řadě obratlovců je srdce stále složitější.

Krev je tvořena tekutou krevní plazmou a krevními tělísky. Bývá zbarvena podle druhu rozpuštěného barviva *(červená nebo narůžovělá – hemoglobin, namodralá – hemocyanin)* a obsahuje množství krevních buněk – **krvinek**, přenášejících kyslík *(erytrocyty)* nebo sloužících imunitnímu systému živočicha *(leukocyty).* V evoluční řadě obratlovců pozorujeme tendenci ke zmenšování velikosti a současně zvětšování počtu červených krvinek, přenášejících kyslík *(srv. str. 258).*

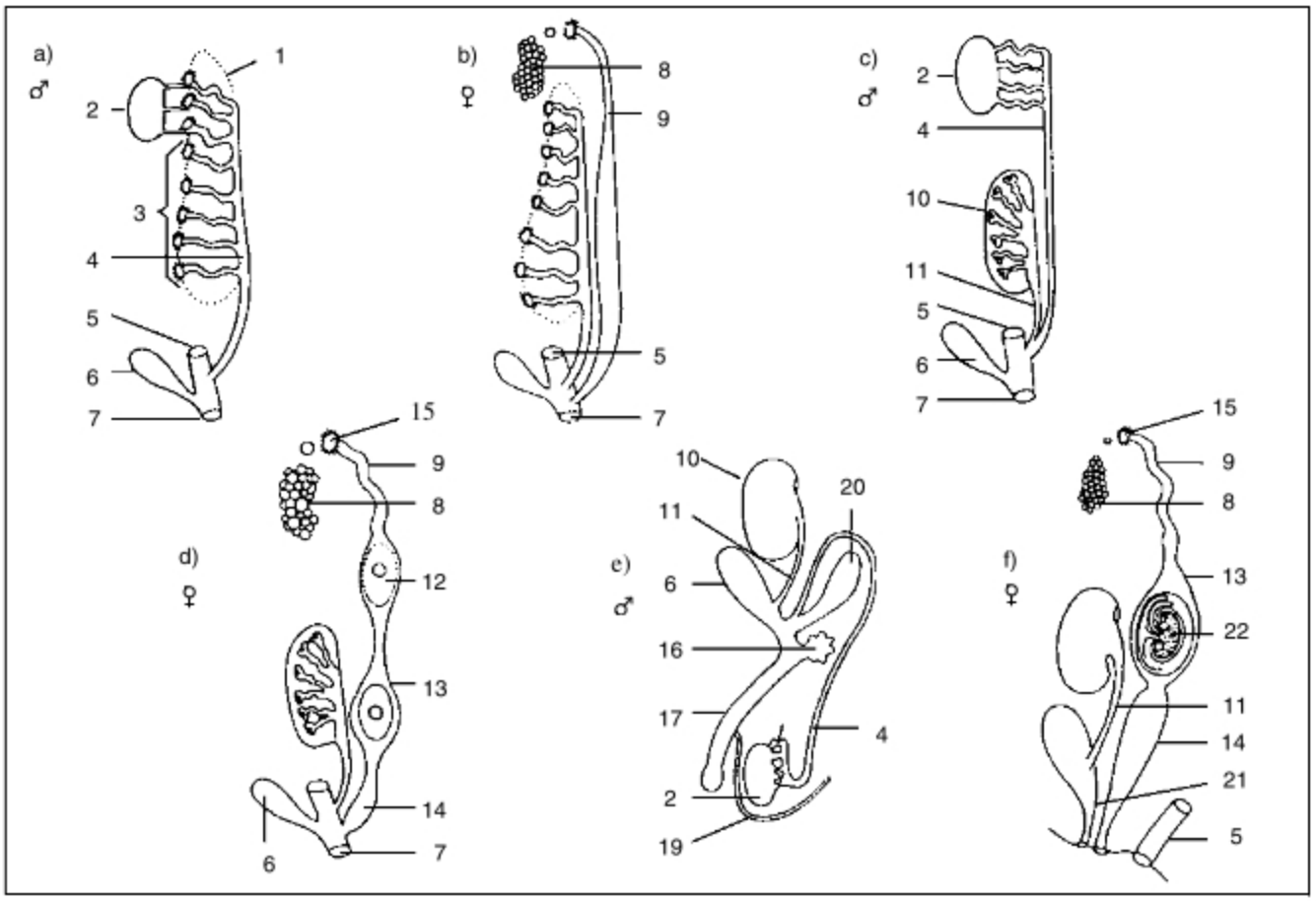
VYLUČOVACÍ A ROZMNOŽOVACÍ SOUSTAVA *(urogenitální)*

Odpadní produkty výměny látkové, které tělo nemůže zužitkovat, příp. by mu mohly i škodit, přecházejí do krve, příp. do krvomízy, z níž jsou odfiltrovány vylučovacím ústrojím. Bezobratlí mají tři typy vylučovacích ústrojí:

1. **protonefridie** jsou tvořeny plaménkovými buňkami a vývodnými kanálky *(ploštěnci a hlísti)*;
2. **metanefridie** jsou tvořeny obrvenými nálevkami a vývodnými kanálky *(kroužkovci)*;
3. **Malpighiovy trubice** mají tvar trubicovité žlázy *(vzdušnicovci, klepítkatci).*

Některé druhy bezobratlých mohou tělu škodlivé látky ukládat *(např. hmyz ve svém tukovém tělese, pavouci pod kutikulou).*

Intenzivní metabolismus obratlovců vyžaduje účinné odstraňování jeho zplodin *(nadbytek vody, CO_2, dusíkaté látky a minerální soli).* Jsou vylučovány dýchacími orgány nebo tělním povrchem. Největší podíl na vylučování tělu škodlivých látek však mají **ledviny** *(renes, nefros).* Jejich základní stavební a funkční součásti jsou **ledvinná tělíska – nefrony** *(klubíčko vlásečnic glomerulus a Bowmanův váček).* V nich dochází k filtraci krve a tvorbě primitivní moči. Následuje **ledvinný kanálek**, jehož stěny resorbují selektivně část primitivní moči, živiny a některé soli. Vzniká tak definitivní moč, která je odváděna vývodnými močovými cestami *(srv. str. 272).*



Močopohlavní soustava obratlovců

a), b) obojživelníci; c), d) plazi; e), f) savci

1 – primární močovod, 2 – varle, 3 – ledvina, 4 – chámovod, *(primární močovod)*, 5 – konečník, 6 – močový měchýř, 7 – kloaka, 8 – vaječník, 9 – vejcovod, 10 – pravá ledvina, 11 – druhý vejcovod, 12 – vajíčko, 13 – děloha, 14 – pochva, 15 – nálevka vejcovodu, 16 – prostata, 17 – penis, 18 – nadvarle, 19 – šourek, 20 – přídatná pohlavní žláza, 21 – močová trubice, 22 – zárodek

S vylučovacím ústrojím je prostorově i vývojově spjata **soustava rozmnožovací**. U houbovců se mohou pohlavní buňky vytvořit prakticky na libovolném místě těla *(z nediferencovaných archeocytů).* První pohlavní orgány jsou vytvořeny u žahavců. Jsou bez vývodů a gamety se z nich uvolňují protržením stěny do gastrovaskulárního prostoru láčky a ústy opouštějí tělo. Všichni ostatní bezobratlí mají pohlavní orgány s vývody. Četné druhy mají i zařízení usnadňující oplození *(např. kopulační orgány samců)* nebo kladení vajíček *(kladélko samice).* Někteří živočichové, obvykle málo pohybliví, bývají obojetníci – **hermafroditi** *(např. hlemýžď).*

Druhy s oddělenými pohlavími – samci a samice – jsou **gonochoristé**. Známe i schopnost rozmnožovat se neoplozenými vajíčky – **partenogeneze** *(letní generace perlooček, z neoplozených včelích vajíček vznikají i trubci včel).* Střídání pohlavní a nepohlavní generace se nazývá **metageneze**. Podobá-li se mládě ihned dospělci, v něhož se mění dorůstáním i dozráváním pohlavních žláz, jde o **vývoj přímý**. Pokud z vajíčka vzniká larva, nepodobná dospělci, jde o **vývoj nepřímý**. Larva prochází několika vývojovými stadii *(instary)* – proměnami *(např. korýši, hmyz, obojživelníci).* U hmyzu např. dále rozlišujeme **hemimetabola** – druhy s proměnou nedokonalou *(vajíčko – nymfa – dospělec /např. vážky/)* a druhy s proměnou dokonalou **holometabola** *(vajíčko – larva – kukla – dospělec /např. brouci/).*

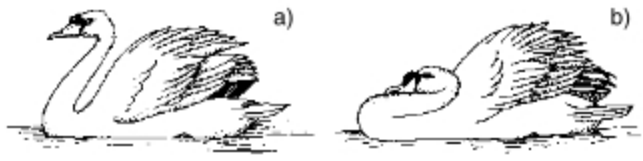
Obratlovci mají vždy vytvořeny **pohlavní orgány**. Samci **varlata** *(s výjimkou mihulí bývají párová)* a samice **vaječníky** *(párové, pouze ptáci a žraloci mají nepárové).* Savčí spermie odvádějí **chámovody** *(adaptovaný primární močovod),* samice mají samostatné, od močových cest oddělené vývody – **vejcovody**. V nich vajíčka získávají obaly. Součástí pohlavních ústrojů samic živorodých savců je **děloha**, v níž se zahnízďuje oplozené vajíčko a vyvíjí zárodek. Samci i samice vytvářejí zvláštní **páří orgány** *(penis, pochva).* Způsob páření jedinců příslušného druhu těsně souvisí se způsobem jejich zárodečného vývoje, s počtem kladených vajíček, i s prostředím, v němž se zárodek vyvíjí *(srv. str. 294).*

V. ETOLOGIE ŽIVOČICHŮ

EVOLUCE CHOVÁNÍ

Jednou ze základních schopností živočichů je **schopnost aktivně reagovat na změny v okolním životním prostředí**. V podstatě jde o dráždivost na vnější podněty, spojenou se schopností reagovat tak, aby jedinec nebyl poškozen. Podněty přicházející do nervové soustavy jsou registrovány prostřednictvím smyslových buněk. Ty bývají soustředěny ve smyslech, schopných reagovat na **odpovídající nadprahové podráždění** *(oko na proud fotonů, sluch na zvukové vlny, čich na příslušné chemické podněty atp.).* Formou vzruchu je podráždění vedeno dostředivě do centrálního nervového systému *(míchy, mozku),* odkud vychází podnět k výkonnému orgánu *(efektoru)*, jímž bývá obvykle sval nebo žláza. Dochází tak k uzavření tzv. reflexního oblouku. Je-li **reflex** dán stálou vrozenou dráhou, označujeme ho jako **nepodmíněný** *(reakce na podráždění je vždy stejná).* Pokud reflex vzniká následkem dočasného propojení nervových drah v centrální nervové soustavě, daného sousledností dvou různých podnětů, vzniká **reflex podmíněný** *(odpověď efektorů bývá různě silná a nedochází-li k jeho upevňování, pak postupně vyhasíná).*

Z výše uvedeného vyplývá, že funkční souhra orgánů a orgánových soustav mnohobuněčných živočichů je řízena různě vyvinutou nervovou soustavou. V úzké součinnosti s ní působí i výměšky žláz s vnitřní sekrecí *(hormony),* vylučované přímo do krve a roznášené cévní soustavou. U bezobratlých mají vliv na svlékání jedince během ontogenetického vývoje příp. jeho zakuklení nebo změnu zbarvení. U obratlovců ovlivňují široký okruh životních činností *(růst, hospodaření s vodou v organismu, rozšíření a zužování cév, pohlavní cyklus, stahy děložního svalstva, sekreci mléka po porodu, vznik druhotných pohlavních znaků atp.).*



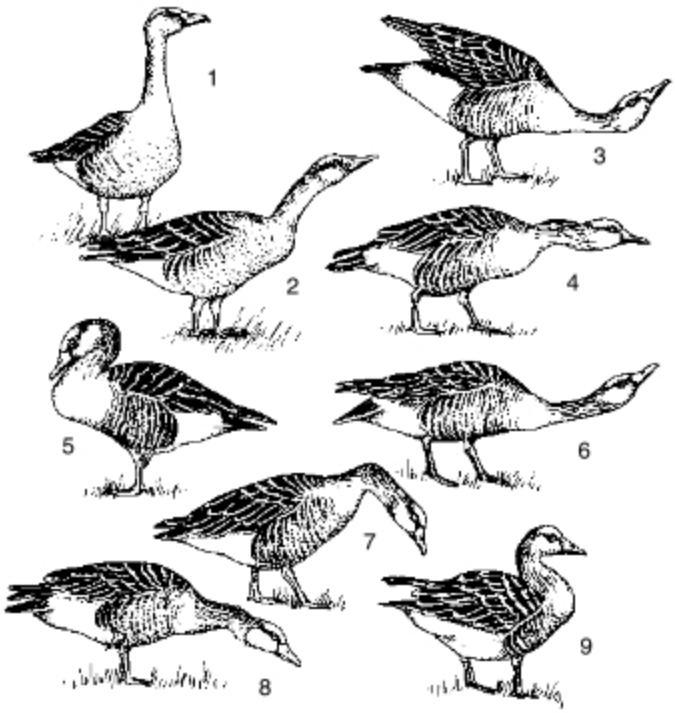
Vnitrodruhová komunikace labutě velké
a) imponující postoj, b) výhružný postoj

Chování zvířete je tedy druhově příznačným komplexním projevem činnosti jeho nervové soustavy a látkové regulace. **Je předáváno** z generace na generaci **dědičností**. *(Chování živočichů bylo předmětem zájmu člověka již v dávné minulosti. Jeho znalost podmiňovala úspěšnost lovu, ovlivňovala zdomácňování divokých zvířat a byla i zdrojem poučení a dokonce i literárním námětem např. Ezopovy bajky z 6. stol. př. n. l.)*

Na přelomu 19. a 20. století vznikly tři základní směry výzkumu chování zvířat. První z nich představuje ruský fyziolog **I. P. Pavlov** *(1849–1936)*, který v roce 1904 obdržel Nobelovu cenu za výzkum činnosti trávicích žláz. Světově proslul svou **koncepcí podmíněného reflexu**. Vypracoval i originální metodologii studia chování. Jeho dílo je jednou z nejvýznamnějších vědeckých teorií 20. století *(str. 284)*.

Druhým směrem, který vznikl v USA, byl experimentální laboratorní výzkum chování – **behaviorizmus** ***(E. L. Thorndike, J. B. Watson, B. F. Skinner)***. Prováděl se výhradně v umělých podmínkách *(bludiště, problémové boxy, elektrické šoky)* a zpravidla na laboratorním potkanu.

Třetí směr se zaměřil na **výzkum** životních projevů **zvířat v přirozených podmínkách**. Celoživotním soustředěným vědeckým zájmem objasnili zakladatelé tohoto směru chování modelových živočišných druhů *(Rakušan* ***Konrad Lorenz*** */husa/, Holanďan* ***Niko Tinbergen*** */vosy kutilky/ a Rakušan* ***Karl von Frisch*** */včela medonosná/)*. Vznikl moderní vědecký zoologický obor – **etologie**, který komplexně popisuje celou škálu chování živočišných druhů *(tzv. etogram chování)*. Význam tohoto vědního oboru a dosažená úroveň poznání byly oceněny udělením Nobelovy ceny v roce 1973 *(Lorenz, Tinbergen, Frisch)*. Termín **etologie** poprvé použil **O. Heinroth**.



Výrazové prostředky husy velké
1 – postoj při spatření nepřítele,
2 – hrozba na dálku,
3, – 4 konflikt mezi útokem a strachem,
5 – váhavé přibližování k partnerovi,
6 – útok,
7 – pozdrav vybraného partnera,
8 – obranný postoj,
9 – výraz podřízenosti

Etologii můžeme stručně definovat takto: **Etologie zkoumá pohybovou aktivitu zvířat v čase a prostoru** *(včetně změny objemu nebo obrysu těla, ježení srsti či peří, nebo pohybu některých vnějších částí těla, postojů i relativní nehybnosti)*, případně **smyslové vnímání, které vyvolává specifické pohybové odpovědi**. Všímá si chování jedince, skupiny zvířat v rámci druhu a vzájemného mezidruhového chování.

Základní chování živočicha je dáno dědičně, stejně jako jeho podoba či fyziologické funkce. Je tvořeno jednotlivými prvky chování živočicha v časové posloupnosti. Je vždy vázáno na podněty z vnějšího prostředí.

Chování je činnost, při níž kombinací dráždivosti a pohybu jedinec získává informaci, zvyšující pravděpodobnost jeho energického zisku.

Rozlišujeme **chování vrozené** *(je v podstatě vytvořeno již v okamžiku narození živočicha, i když se projeví až v pozdějším věku)* a ***chování získané*** *(vytváří se zkušenostmi, učením)*.

VROZENÉ CHOVÁNÍ

Vrozené chování živočichů je řízeno z mozkových ústředí, která poskytují geneticky dané vzorce instinktivních činností. Na různé úrovni dokonalosti se s ním setkáváme u všech mnohobuněčných živočichů. S rozvojem a zdokonalováním nervové soustavy pozorujeme i rozvoj schopnosti instinktivního chování. Z bezobratlých je nejvíce rozvinuto u příslušníků třídy hmyzu, z obratlovců pak zejména u ptáků.

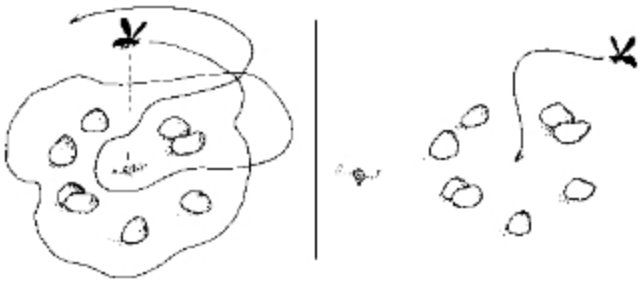
Uveďme si dva příklady z třídy hmyzu:

Blanokřídlý druh **kutilka písečná** *(Ammophila sabulosa)*, která se živí lovem housenek, vyhrabává v písčitojílovité půdě jamku, která je na konci rozšířená. Uzavírá ji kamínky a odlétá lovit. Nalezne-li housenku, znehybní ji vbodnutím žihadla z břišní strany do hrudních nervových zauzlin.

Po krátkých úsecích pak s kořistí odlétá k připravenému hnízdu, odloží ji těsně u otvoru, odstraní kamínky, vleze dovnitř a přesvědčí se, zda je chodbička volná. Pozpátku z ní vycouvá, housenku zatáhne dovnitř a naklade na ni vajíčka. Housenka pak slouží vyvíjejícím se larvičkám jako „živá konzerva“. Podobných hnízd si kutilka vybuduje více. Postupně do nich přináší další kořist. Pokud během kontroly chodbičky ulovenou kořist posuneme o několik centimetrů stranou, dezorientovaná kutilka ji vždy jistou dobu hledá, pak ji zatáhne na původní místo a opětovně kontroluje vnitřní prostor chodbičky *(vjem vstupního otvoru hnízda při odložení kořisti vždy znovu vybaví další článek programu chování – kontrolu hnízda)*.

Jiný druh kutilky loví cvrčky, které za tykadla vtahuje do podzemního prostoru. Pokud během kontroly hnízda cvrčkovi tykadla odstřihneme, kutilka ho dlouho omakává a když je nenajde, nechává cvrčka ležet, a odlétá pro další kořist.

Před odletem na lov kutilky provádějí orientační let zpočátku v malých a postupně se rozšiřujících obloucích. Pokud při vyhrabávání hnízda kutikulou obestavíme vchod kamínky v kruhu, vtiskne si během orientačního letu do paměti tento kruh. Pokud jej během lovu posuneme o něco dále, kutilka po příletu dosedá i s kořistí do středu posunutého kruhu a vlastní vchod do hnízda nenalezne.



Samotářská vosa **květolib včelí** nalézá své hnízdo podle orientačních bodů v jeho okolí tzv. pilotováním. Pokud tyto body *(např. kamínky)* přemístíme, květolib své hnízdo nenajde.

Z popsaných situací vyplývá, že komplex aktivit, zaměřených na vyhrabávání hnízda, lov a omráčení kořisti je jev vrozený, kdežto aktivita zaměřená na vyhledání hnízda *(pilotování – navigace)* je podmíněna jednoduchým učením.

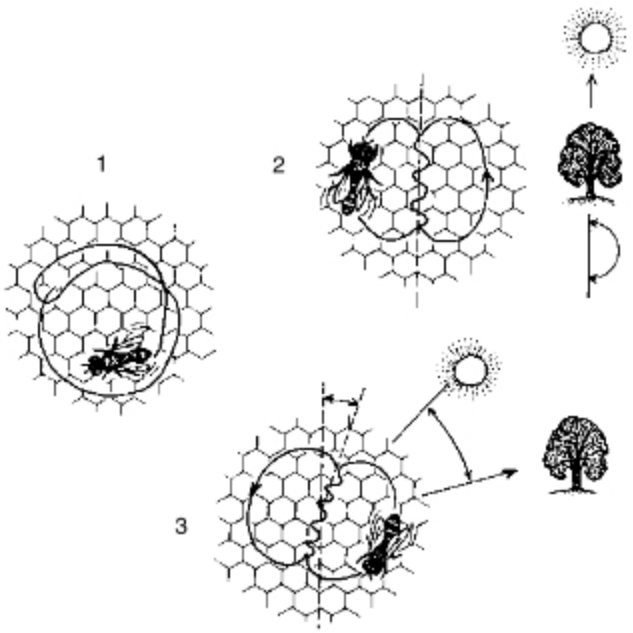
Nejrozvinutější instinktivní chování pozorujeme u společensky žijícího hmyzu, např. u všekazů, mravenců a včely medonosné. Koordinace činností všech příslušníků společenstva je řízena látkově feromony. Jejich vzájemná komunikace je umožněna signalizací hmatovými, čichovými a optickými vjemy.

Popis instinktivního **chování včely medonosné** by přesáhl rámec této obecné informace *(instinkt stavební, shromažďovací, rozmnožovací, obranný, rojový, pátrací, péče o potomstvo atp.)*. Jako příklad mimořádně rozvinutého instinktivního chování, přispívajícího k orientaci a dorozumívání včel, uveďme **včelí tanečky**. Včela pátračka jimi sdělí v temném prostoru úlu směr, vzdálenost i vydatnost zdroje snůšky. Objeví-li v terénu zdroj snůšky, po návratu do úlu se charakteristicky pohybuje:

a) nachází-li se zdroj snůšky ve směru ke slunci, obíhá osmičku, při níž se na spojnici obou kruhů pohybuje kolmo směrem nahoru;

b) nachází-li se zdroj snůšky v určitém úhlu od spojnice úlu a slunce, pak taneček provede tak, že osa spojnice obou kroužků je o příslušný úhel odchýlena od kolmice;

c) nachází-li se zdroj snůšky ve směru od slunce, pak se při tanečku pohybuje po spojnici směrem dolů *(případnou odchylku od základního směru vyjadřuje odpovídajícím úhlovým vychýlením od kolmice)*.



Včely se orientují podle slunce
Nalezení zdroje snůšky sdělují ostatním dělnicím svého včelstva charakteristickými tanečky. Pokud se nachází v těsné blízkosti úlu, tancem kruhovým (1), pokud ve větší vzdálenosti od úlu, opisuje na plástu charakteristickou osmičku, na jejíž spojnici vibrací těla vyjádří vzdálenost a vydatnost potravního zdroje a odchýlením její osy od kolmice směr výskytu (2, 3)

Způsob vrozené odpovědi na podnět

Vrozeným chováním živočich odpovídá stereotypně na podněty *(dráždění)* okolního prostředí. Rozlišujeme čtyři základní možné odpovědi:

1. **zaujetí nejmenšího možného prostoru**

   (stažení se do tvaru kuličky – nezmar, přikrčení se v brázdě – zajíc);

2. **pohyb** *(**útěk** /srnec/, **útok** /rys/)*;

3. **chemicko-fyzikální aktivita** *(vylučování pachů: obrana tchoře, skunka, rejska, vábení říjné samice atp.)*;

4. **zaznamenání podnětu**, jeho **vyhodnocení a uchování informace**.

Vrozené chování podle složitosti

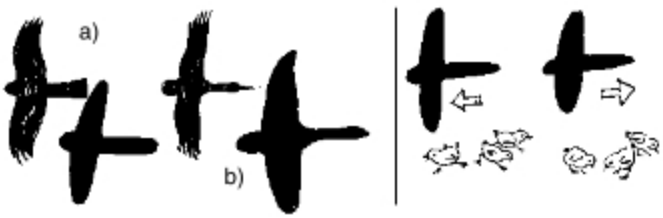
Podle složitosti rozlišujeme kineze, taxe a chování instinktivní.

Kineze nejsou směrovány k podnětu. Např. vysunutí či zatažení panožek měňavky, změna rychlosti pohybu náhodně se pohybujícího živočicha *(popásající se srnec rychleji projde místem s nekvalitní trávou, kdežto u trsu šťavnaté trávy se pozastaví)*. Obecně lze říci, že živočich stráví více času

na místě poskytujícím potravu a bezpečí. Dokonalejší využití příznivých podmínek prostředí umožňuje zvířeti klikatý pohyb terénem *(při pasení).*

Taxe je orientace a pohyb živočicha vzhledem ke směru podnětu. Např. fobotaxe je změna směru pohybu při setkání se zhoršujícími se podmínkami nebo nebezpečím *(změna směru pohybu zvířete při nasátí pachu šelmy nebo člověka).*

Instinktivní chování *(vrozený automatismus)* je nejsložitějším typem vrozeného chování. **Instinkt je hierarchicky oganizovaný nervový mechanismus, reagující na klíčové spouštěcí podněty**. Je reakcí nervové soustavy jedince na odpovídající signální, spouštěcí a směrové podněty. Významnou roli v instinktivním chování jedince má tzv. **klíčový podnět**, vyvolávající určitou specifickou reakci *(např. silueta dravce na obloze vyvolává útěkovou reakci např. drůbeže, kdežto silueta čápa zůstane bez povšimnutí).*



Silueta dravce (a) **a např. husy** (b) na obloze je téměř stejná. Nahradíme-li ptáka atrapou, způsobí odlišné chování kuřat *(mláďat)* podle směru, kterým jí pohybujeme. Při pohybu vlevo připomíná dravce *(krátká hlava a dlouhý ocas)* a způsobuje jejich únikovou reakci. Při pohybu vpravo *(dlouhý krk a krátký ocas)* zůstávají kuřata klidná.

Fáze instinktivního chování

a) **vnitřní vyladění** *(např. stav hladu, sexuální potřeba);*

b) **apetenční** *(vyhledávací)* **chování** *(stav neklidu, nutící zvíře k pohybu, zvyšujícímu pravděpodobnost setkání s klíčovým podnětem).* Výjimečně mohou být obě první fáze vynechány. Např. při útěku před šelmou, k němuž dochází nezávisle na vyladění zvířete;

c) **podnětová situace** *(setkání s klíčovým podnětem).* Podnět může zvíře zaregistrovat buď přímo *(zvětřením šelmy),* nebo zprostředkovaně sociální interakcí příslušníků téhož druhu *(„dupání" králíků při pocitu ohrožení)* či jiným živočišným druhem *(sojka)*;

d) **uvolnění spouštěcího mechanismu** *(klíčový podnět musí mít alespoň určitou minimální intenzitu, zvanou* **prahová hodnota**). Jsou známy i případy nadnormálních klíčových podnětů. Např. v praxi se využívá skutečnosti, že slepice raději snáší do hnízda s více vajíčky *(podkládají se tedy sádrové napodobeniny vajec).* Mládě kukačky svým vzhledem i chováním podněcuje své pěstouny k intenzivnější péči než jejich vlastní mláďata;

e) **konečné jednání** *(proběhne vždy, aniž by měl živočich příležitost se mu naučit – u bezobratlých např. se některé systémy chování projeví pouze jednou za život).*

Instinktivní chování se může vyvíjet a během života jedince může být i ovlivněno získanými zkušenostmi *(např. starší šelma nepátrá po kořisti náhodně, ale v době sucha se přesouvá k napajedlu).*

Nadnormální podnět – nandu pampový sedí na vlastních vejcích. Snaží se dostat pod sebe i naaranžovanou, mimořádně velkou atrapu vejce.

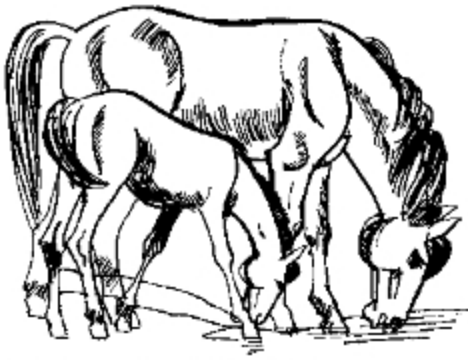
K základním celkům chování patří:

CHOVÁNÍ PODMÍNĚNÉ LÁTKOVOU VÝMĚNOU

Patří sem zejména tzv. **potravní chování**, jehož vnitřním podnětem je hlad. Čím je živočich hladovější, tím větší aktivitu vyvíjí. Při nasycení jeho aktivita ustává. Potravní chování šelem bývá provázeno velmi rozmanitým apetenčním chováním. Stav hladu nemusí však vést vždy k apetenčnímu chování *(ryby nepřijímají potravu v době tahu a tření, podobně plazi před svlékáním nebo někteří kopytníci v době říje).*

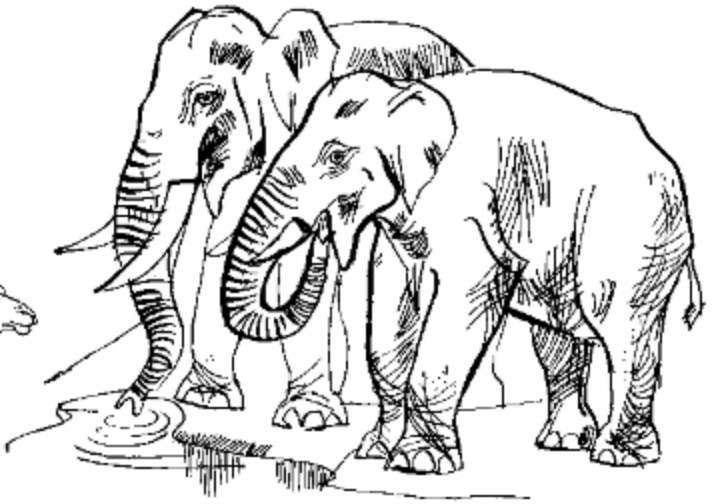
Kromě vlastního apetenčního chování je potravní chování spojeno s dalšími pozoruhodnými projevy, např. krmením mláďat pěvců, vytvářením potravních zásob *(ťuhýk, křeček),* přežvykováním některých býložravců atp.

K druhově typickému chování, podmíněnému výměnou látkovou, patří i **pití** *(kopytníci vodu sají, šelmy ji lížou, ptáci ji zpravidla nabírají do zobáku a zdvižením hlavy ji nechají po kapkách stéci do jícnu, sloni ji nabírají chobotem).* Druhově typické je i **kálení** *(defekace),* příp. močení *(urinace, mikce).* Tak např. ptáci odstraňují trus mláďat z hnízda, savci žijící v norách kálejí pouze na jedno místo. Do chování podmíněného látkovou výměnou řadíme i pohyby umožňující **dýchání** *(např. tuleni jsou v určitých intervalech nuceni připlavat k hladině a nadechnout se).*

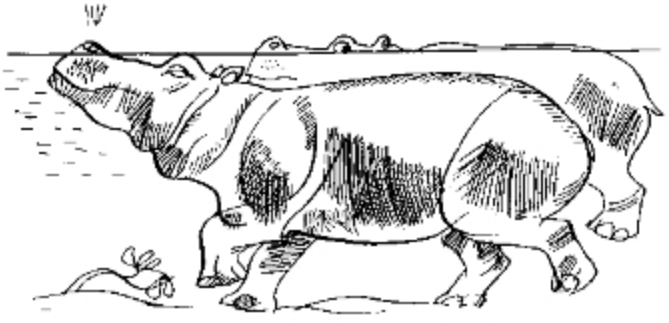


Typický postoj hříběte při pití *(roztažené nohy).* Starší kůň pije při jedné přední noze pokrčené

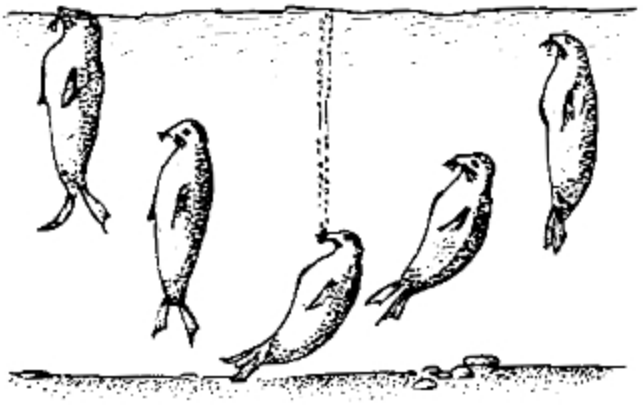
Lama ve výběhu kálí pouze na jedno místo



Sloni si nabírají vodu chobotem



Dýchání hrochů ponořených ve vodě



Dýchání tuleňů

CHOVÁNÍ OCHRANNÉ A KOMFORTNÍ

Ochranné chování představuje jednak **ochranu před abiotickými vlivy**, jednak **ochranu před jinými organizmy**. Z abiotických faktorů jde např. o teplotu, vlhkost, sluneční záření. Každý živočišný druh snáší jen určité rozpětí jejich hodnot. Projevem ochranného chování je pak např. pohyb ve směru příznivějších hodnot *(např. přesun živočicha za poledního vedra do stínu).* Značný význam má ochranné chování před šelmami a dravci.

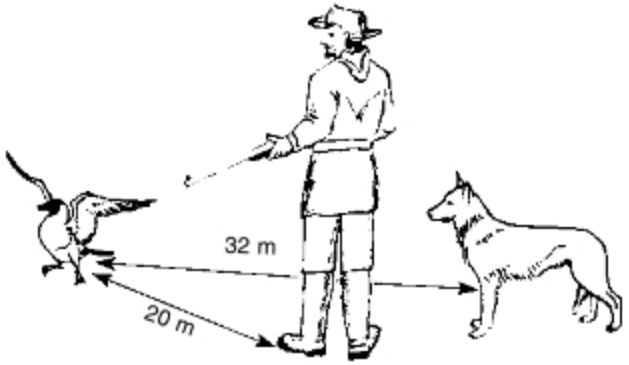
Rozlišujeme tři typy ochranného chování:

1. **Strnutí na místě** nebo přitisknutí se k podkladu. Patří sem i reflexně podmíněná ztráta pohyblivosti *(akineze, katalepsie),* při níž se zvíře „staví mrtvým“. Je běžnější u hmyzu, z obratlovců např. u mláďat čápa.

2. **Mimetické chování** – snaha živočicha se skrýt nebo zamaskovat. Je umožněno ochranným zbarvením, jehož živočich využívá tím, že strne *(čímž splyne s okolím),* nebo aktivně vyhledává prostředí, s nímž splývá.

3. **Pohybové ochranné chování** – útěk zakončený ukrytím v noře nebo v husté vegetaci. Neskrývají se pouze velcí obratlovci, kteří jsou vynikajícími běžci, letci nebo plavci. Významným faktorem je zde **útěková vzdálenost**, která má různou hodnotu vůči různým typům ohrožení *(racek ulétá před člověkem na vzdálenost 20 m, před psem 32 m).* U obratlovců žijících společensky je způsobem pohybové ochrany **shlukování** do větších skupin *(stáda, hejna).* Patří sem i **„preventivní útok“** pěvců na dravce a sovy, **autotomie** noh sekáče nebo ocasu ještěrek. Ale také **varování před nepřítelem** *(varovné dupání stádových kopytníků, ježení srsti),* nebo **varování nepřítele** *(aposematické chování)* s cílem odvrátit napadení *(u šelem cenění chrupu).*

Lelek sedává na větvi podélně a svým zbarvením s ní splývá

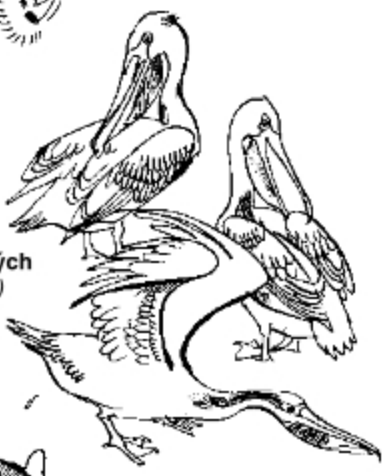


Rozdílné **útěkové vzdálenosti** racka před potenciálním predátorem *(před člověkem 20 m, před psem 32 m)*

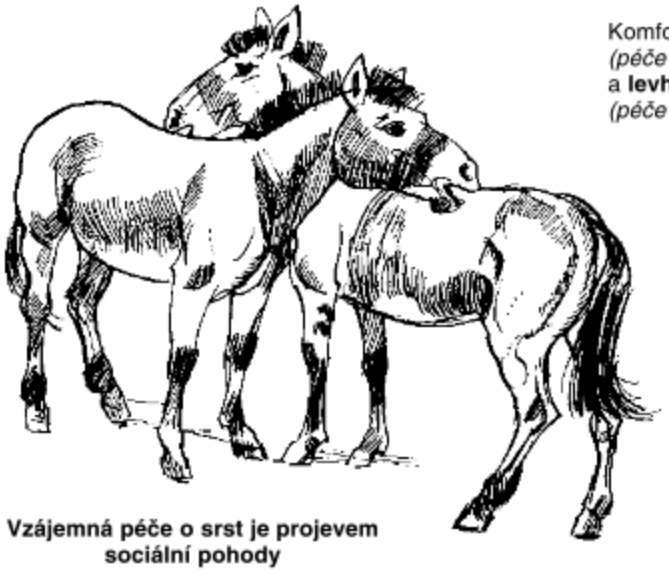
Komfortní chování souvisí s péčí o povrch těla, příp. s pocitem tělesné libosti. Zejména je rozvinuto u ptáků a savců. Např. otírání se o stromy *(jelení zvěř při výměně srsti),* válení se po zemi *(koně, zebry),* popelení *(hrabaví ptáci),* škrabání se končetinami, olizování těla, probírání peří zobákem, „mytí" hlavy předními nohama. Pokud je tato péče vzájemná, je projevem sociální pohody. Patří sem i chování protahovací *(rozproudění krevního oběhu spojené s pocitem tělesné libosti),* zívání, protahování noh, křídel atp.

Komfortní chování rysa ostrovida *(zívání)*

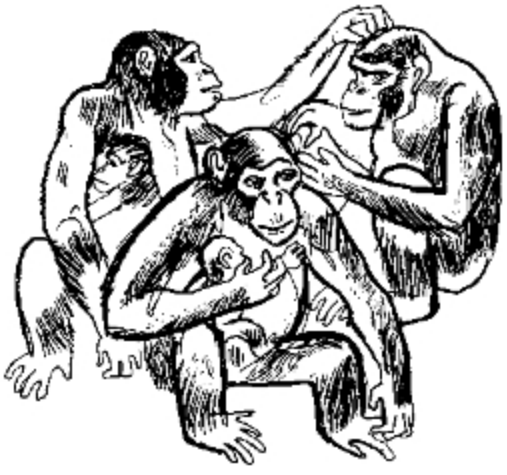
Špačci se proti útokům dravce účinně brání shluknutím do kompaktního hejna, které společně v letu prudce uhýbá různým směrem *(dravec se snaží lovit pouze jedince, kteří se od hejna vzdálí)*



Komfortní chování **pelikánů bílých** *(péče o opeření, máchání křídly)* a **levharta obláčkového** *(péče o hygienu končetin)*



Vzájemná péče o srst je projevem sociální pohody



Vzájemná péče o srst v tlupě šimpanzů

Protahování šelem umožňující lepší prokrvení těla je spojeno se slastnými pocity

ROZMNOŽOVACÍ CHOVÁNÍ

Toto chování bývá rovněž označováno jako sexuální systém, k němuž v časové návaznosti náleží rivalita, partnerství a péče o mláďata.

Rivalské chování směřuje k tvorbě okrsků *(teritorií),* které jsou hájeny proti příslušníkům téhož druhu *(např. hnízdní okrsky ptačích druhů).* V podstatě jde o zvětšení vzdálenosti **mezi jedinci téhož druhu**, sledující jejich rovnoměrnější rozšíření v ekosystému, zvýšení pravděpodobnosti setkání partnerů opačného pohlaví a dostatku potravy pro výchovu potomstva. Útočnost *(agresivita)* vůči příslušníkům vlastního druhu je nejvyšší uprostřed okrsku a směrem k jeho hranicím klesá. V přirozených podmínkách však zdaleka nejde o útočnost s cílem zabít. Soupeři nikdy nevyužívají plně svých možností a souboj pouze naznačují např. přetlačováním, ceněním chrupu, tlučením křídly apod. Imponováním vyjadřují stav své nadřazenosti *(dominance)* a podřazenosti *(submisivity).* Stavem naprosté podřazenosti je vystavení nejzranitelnější části těla, které útok dominantního jedince ihned zastaví.

V jednotě s rivalstvím se uplatňuje **partnerské chování**, směřující ke zmenšování vzdálenosti mezi pohlavními partnery, k jejich dotykové komunikaci a pohlavnímu spojení.

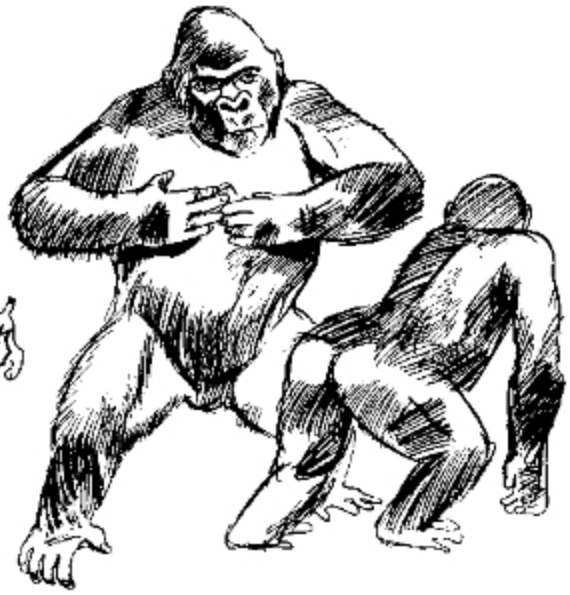
Jeho součástí bývá složité a mimořádně zajímavé chování, označované souhrnně jako „námluvy".

Rozmnožovací chování vrcholí **péčí o mláďata**, jež se rozvíjí na základě instinktů zejména u ptáků a savců. Např. loudivé pohyby a hlasy mláďat vyvolávají u rodičů odpověď v krmení.

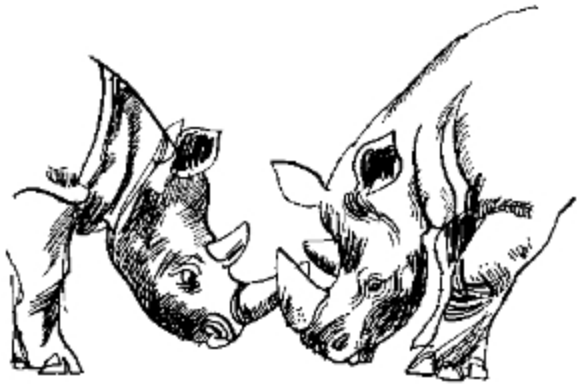
Obnažení nejzranitelnějšího místa těla je projevem naprosté podřazenosti

Imponování klokana

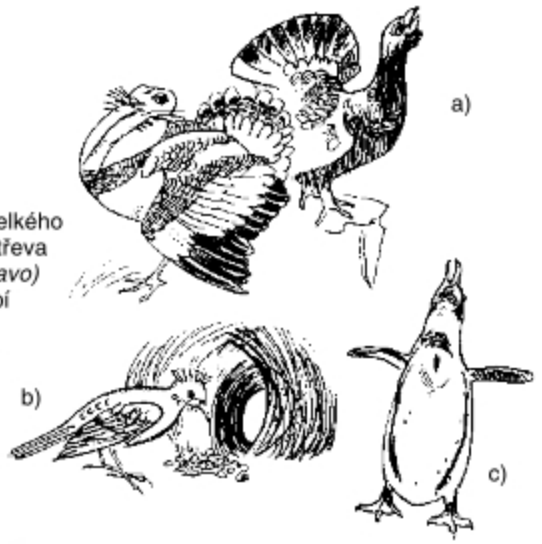
Mláďata rysa ostrovida jsou předmětem soustředěné péče své matky



Rivalské chování – imponování gorily



Rivalské chování – přetlačení nosorožců



a) tok dropa velkého *(vlevo)* a tetřeva hlušce *(vpravo)*
b) stavění loubí *(lemčík)*
c) tok tučňáka

Partnerské chování bývá spojeno s rituály *(námluvy)*

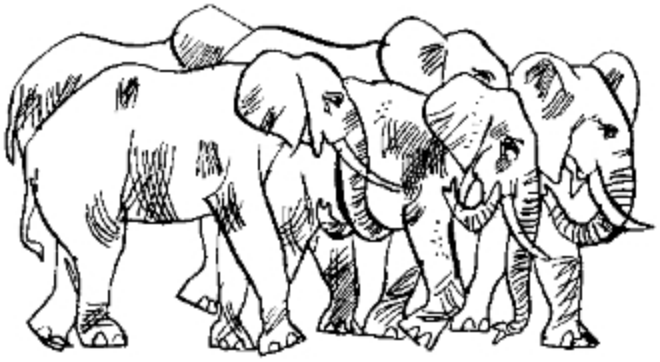
SOCIÁLNÍ CHOVÁNÍ

Jedinci téhož druhu vytvářejí společenství *(society)*, která z praxe známe např. jako hejno, stádo, smečku atp. Vztahy uvnitř society nejsou určovány jen pohlavně. Jedinci se mezi sebou určitým způsobem dorozumívají a vytvářejí společnou strategii chování, umožňující úspěšnější přežití *(např. koordinace činností mezi jednotlivými členy lovící smečky).*

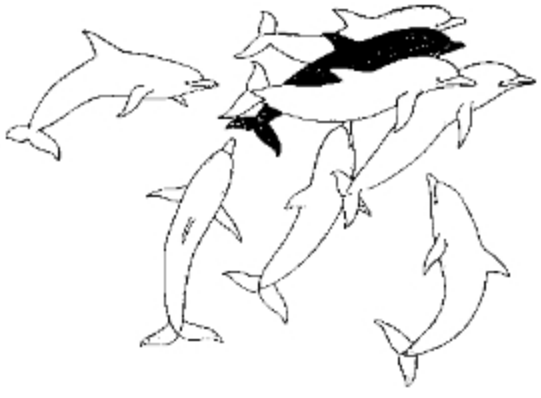
Z odborného etologického hlediska rozlišujeme 5 typů societ:

1. **náhodné seskupení** několika jedinců *(stádo nedospělých jelenů, kteří sice již nechodí společně s laněmi, avšak sami se ještě neúčastní říje)*;
2. **anonymní otevřená societa** se zaměnitelnými jedinci, kteří mohou libovolně přicházet nebo odcházet *(hejna ptáků, zimní kolonie netopýrů, velká stáda kopytníků)*;
3. **neanonymní otevřená societa**, v níž se jedinci vzájemně znají, avšak běžně dochází k výměně jedinců se societami téhož druhu *(hnízdní kolonie ptáků)*;
4. **anonymní uzavřená societa** je tvořena velkým počtem jedinců, kteří se sice jednotlivě neznají, avšak obvykle pachově k sobě patří *(příslušníci včelstva, mraveniště)*;
5. **neanonymní uzavřená societa** je tvořena jedinci, kteří se dobře znají, žijí značnou část života společně a jsou propojeni systémem vzájemných vazeb *(stáda opic, kopytníků, šelem).*

V societách jsou jedinci **uspořádáni hodnostně** *(hierarchicky)* od nejvýše postaveného jedince k jedinci postavenému nejníže. Všichni členové society hierarchii v podstatě dobrovolně dodržují, což přispívá k souladu a soudržnosti uskupení a na nejmenší míru omezuje konflikty. V rámci society se jedinci dorozumívají pachovými, zvukovými, optickými, příp. dotykovými signály. Výrazovými postoji vyjadřují své podřazené či nadřazené postavení, vzájemně pečují o povrch svých těl. Dochází obvykle i k dělbě činností mezi jedinci různého pohlaví a stáří, síly i zkušenosti, ke kolektivní ochraně a příp. i k pomoci ohroženým či nemocným členům ***(nesobecké – altruistické** či **epimeletické chování)***.



Altruistické chování slonů
– péče o nemocného člena stáda



Altruistické chování delfínů,
kteří nemocného člena svého hejna vynášejí k hladině, aby se mohl nadechnout. Rovněž ho chrání před útoky žraloků.

KOMUNIKACE ŽIVOČICHŮ

Dorozumívání mezi živočichy *(biokomunikace)* se děje vysíláním a příjmem informačních signálů. Uskutečňuje se **signálními strukturami** *(vzhledem celého těla)* a **signálními funkcemi** *(vydávání pachů příp. zvuků).* Cílem bývá buď zvětšení vzdálenosti mezi jedinci *(varovné a výstražné signály),* nebo jejich zmenšení *(vábení, volání, žadonění mláďat).*

Při biokomunikaci jde v podstatě o předávání informací, v etologické praxi označované jako „kanál". Ten může být chemický, dotykový, akustický nebo optický.

a) **Komunikace chemická** – *(např. pachové značky, bránící jedincům téhož druhu vniknutí do chemicky označeného teritoria).* Účinné látky zprostředkující tok informací zejména mezi bezobratlými živočichy se nazývají **feromony**;

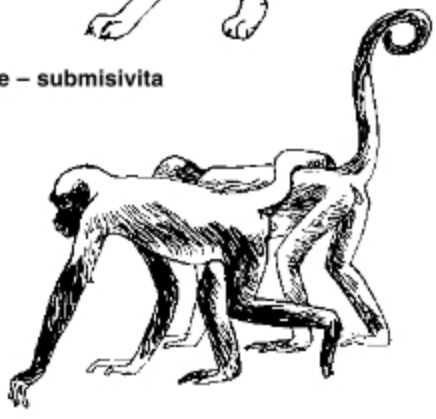
Značení teritoria srncem
(z příočních žláz)

b) **Komunikace dotyková** – vzhledem k možnému nebezpečí mají živočichové k tělesnému dotyku instinktivní zábrany *(ojedinělou raritou jsou např. tropické druhy čejek, které vybírají pijavice přímo z otevřených tlam krokodýlů).* Tělesný dotek je běžný pouze mezi živočichy, kteří se vzájemně dokonale znají *(matka – mládě, olizování čenichu dominantním členům smečky, dotyk špiček sloních chobotů, položení vlastní hlavy na tělo uklidňovaného zvířete)*;

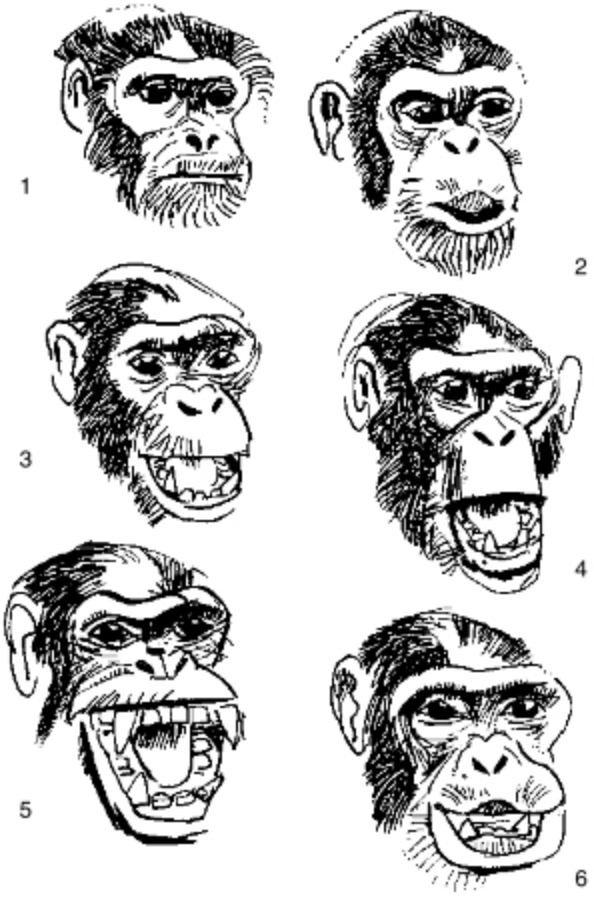
c) **Komunikace akustická** – výstražnou či varovnou funkci má např. dupnutí kopytem do země, plesknutí křídlem o vodní hladinu. Patří sem i uvědomovací informace, sloužící obvykle k přivolání jedinců vlastního druhu a odpuzení jedinců druhů jiných;

d) **Komunikace optická** – většina živočichů vcelku dobře vidí. Zbarvení těla může být tedy znakem, sloužícím k vzájemnému poznávání jedinců téhož druhu. U některých druhů mořských ryb slouží pestré zbarvení jejich těla k zapuzování případného útočníka. Hojně se uplatňují i postoje hlavy, ocasu, končetin, ježení srsti či čepýření peří. Obličejovou mimikou lze vyjádřit strach, neklid, spokojenost, podřazenost, útočnou nebo obrannou hrozbu.

Dominance – submisivita



Zklidňující dotek ovíjivým ocasem – chápani



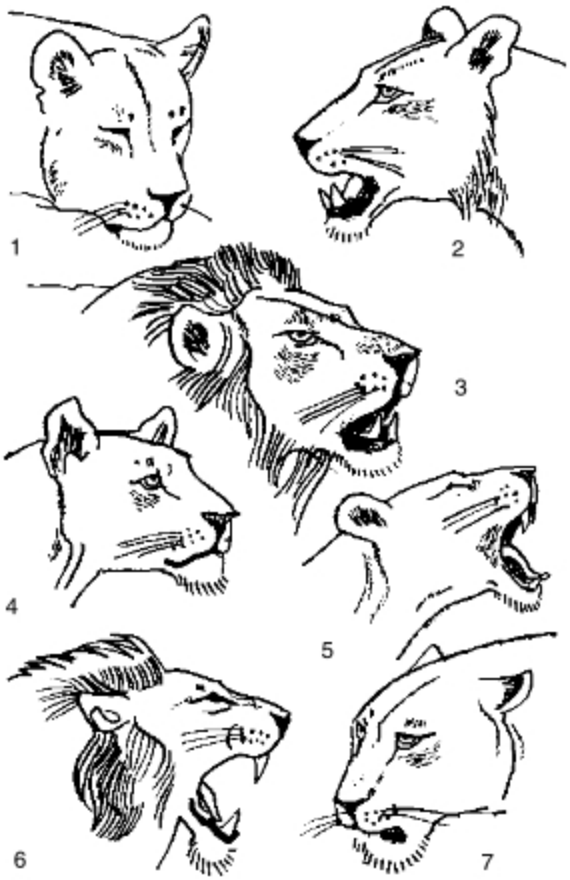
Mimika šimpanzů
1 – hrozivý tichý obličej se sevřenými rty při agresivních projevech, 2 – houkavý obličej, 3 – hravý obličej – je výzvou ke hře, je doprovázen chechtavými zvuky, 4 – hlasem „hu, hu" se dorozumívá na dálku při kontaktu s cizími opicemi, 5 – vyděšený obličej, provázený ječením, 6 – škemrání o potravu, žádost o probírání srsti, smutek, bolest

Pokud prvky chování živočicha ztratily během fylogenetického vývoje svoji původní funkci a staly se symbolickými obřady, hovoříme o **ritualizaci chování**. Např. u opic je projevem podřazenosti, brzdícím útočnost nadřazeného jedince, natočení k nadřazenému jedinci zadní částí těla. V tomto kontextu nemá takové chování žádný sexuální význam *(projevují se tak vzájemně i samci k samcům).* Obdobně spřátelená kočka se tiskne při hlazení hřbetem proti naší dlani. Je to projev přízně, proměněný z původně mazlivého chování samice vůči samci při námluvách.

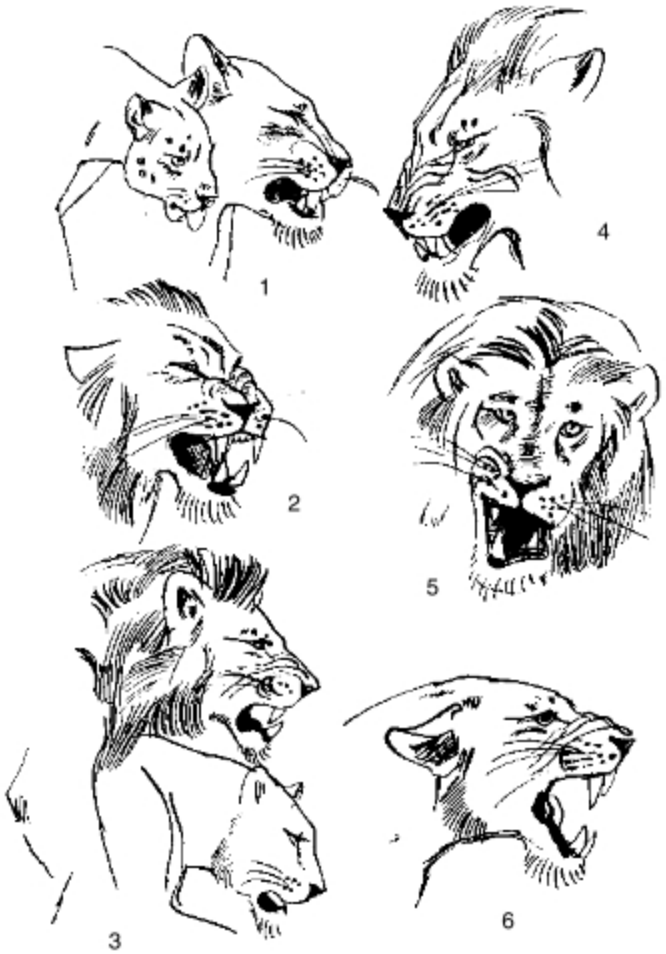
Ritualizace chování – hulmani

K dorozumívání řadíme i **přeskokové chování**, známé při vnitrodruhových potyčkách. Bojující sokové přestanou náhle na sebe dotírat a věnují se neškodné činnosti *(okusování trávy).* Např. u potravního zdroje se střetnou dva stejně silní havrani. Přítomnost soka je vzájemně naladí útočně. Současně ale jejich přibližně stejná síla budí vzájemný respekt, takže k útoku ani nedojde. Z rozporu mezi snahou zaútočit a utéci vznikne zcela nový typ chování. Jeden začne např. klovat do suchých větviček, jako by sbíral materiál na stavbu hnízda *(aniž by hnízdo vůbec stavěl).* Chování tedy dočasně „přeskočí" do jiného systému. Neslouží dorozumívání, ale pouze k uvolnění napětí.

Přeskokové jednání
Původně zápasící kohouti začnou „jakoby nic" zobat do země



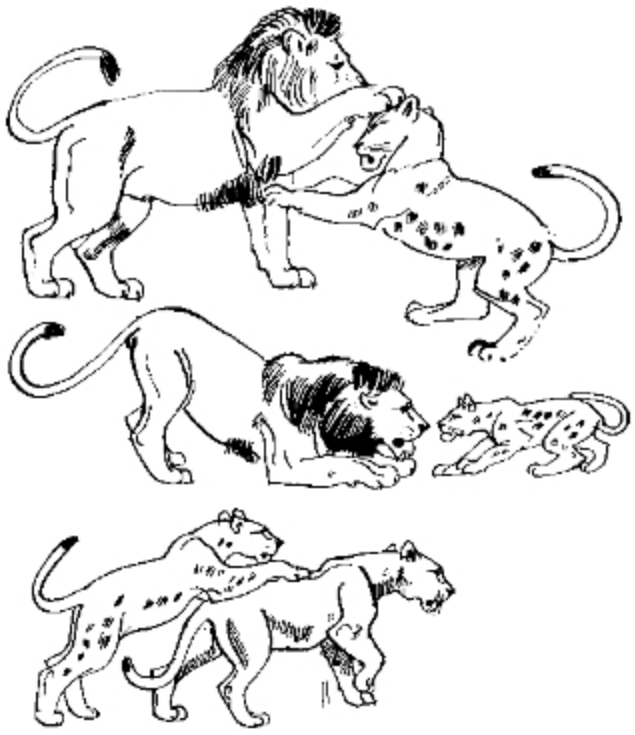
Mimika lvů – I.
1 – uvolněný obličej dřímající lvice,
2 – uvolněný obličej nasycené lvice sedící u úlovku,
3 – obličej lvího samce při řevu,
4 – napjatý výraz lvice při pozorování okolí, 5 – zívající lvice,
6 – grimasa samce, který zvětřil pach soka,
7 – napjatý výraz lvice střežící úlovek



Mimika lvů – II.
1 – lvice cení zuby, když ji zdraví lvíče,
2 – v odpověď na pozdrav lvíčete lví samec otvírá tlamu,
3 – výraz dvojice lvů při páření, 4 – výraz lvího samce, když ho po páření napadne samice, 5 – výraz lva střežícího úlovek,
6 – lvice odhání s otevřenou tlamou lvíče, které chce sát

K zvláštním druhům chování, které jsou většinou projevy vyšší duševní činnosti a které nelze jednoznačně začlenit do některého z výše uvedených typů, patří hravé chování, zvědavost, pátrací chování a spánek.

Hravé chování mláďat má silné citové pozadí, je zvířatům příjemné a může být i mnohokrát opakováno. Bývá přípravou mláďat k cílevědomé aktivitě v jejich dospělosti a má i zásadní význam sociální.



Hravé chování – lvi

Zvědavost je snaha o získání nových informací. Vysloveně zvědaví jsou nejvyspělejší savci.

Pátrací chování je činnost vedoucí k shromažďování informací o okolním prostředí. Je silně vyvinuta u synantropních druhů *(např. potkan).*

Spánek je naopak stavem snížené aktivity spojené s útlumem smyslového vnímání a pohybovým klidem *(nesměšovat s odpočíváním, dřímotou, strnulostí atp.).* Pro spánek živočich vyhledává obvykle chráněné místo a zaujímá pro druh typickou polohu. Spánek bývá různě hluboký a trvá od několika vteřin *(rorýsi za letu)* do několika hodin *(šimpanzi až 13 hodin denně).*

Spánkové polohy medvěda

ZÍSKANÉ CHOVÁNÍ

Na rozdíl od vrozeného chování je získané *(adaptivní)* chování složitější. Vytváří se během učení, v němž se uplatňuje vtisk, zpřesňování pohybu, přizpůsobování, strukturní vnímání, objevitelské chování a tradice.

1. **Vtisk** *(vpečeťování, imprinting)* je ustálená odpověď na krátkodobý podnět z raného mládí. Např. kachňata nebo housata si v tzv. senzitivní periodě *(životní období zvýšené vnímavosti, které trvá u vrubozobých ptáků jen asi 4 hodiny prvního dne života)* vtisknou natrvalo podobu své pohybující se matky. Od okamžiku vtisku se k ní mládě chová jako k rodiči a usiluje o to, být v jeho blízkosti. Zvířata odchovávaná uměle v zoologických zahradách a zemědělských velkochovech tedy mohou za svého rodiče považovat i ošetřovatele. Mládě musí jít za matkou v určité přesné vzdálenosti, aby ji vidělo pod určitým úhlem.

Pokud je v pokusu „rodič“ větší než kachna *(člověk)*, sledují ho tedy mláďata se značným odstupem. Je-li „rodičem“ slepice liliputky, chodí s ní v těsném závěsu.

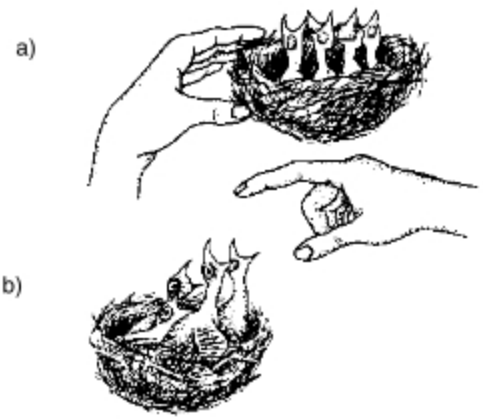
Vtisk – odrostlá kachňata následují liliputku, která je vyseděla a již považují za svou matku

Vtisk má pro zvíře zásadní význam. Zvířata chovaná v senzitivní fázi v osamění nedokážou rozpoznat své rodiče, a pokud se podaří dochovat je do dospělosti, nedokážou se připojit ke stádu a podrobit se jeho zákonům. Mláďata pěvců si v tomto období vtiskují i jemné odstíny zpěvu svého otce.

Mladí samečkové kachen si trvale vtiskují obraz své matky jako symbol své budoucí družky. Při značné vzájemné podobnosti samic jednotlivých druhů kachen je tak zamezeno mezidruhovému křížení.

Vzhledem k živočišné podstatě člověka je nutno z tohoto poznatku odvodit závěry i pro výchovu dítěte, protože kladné citové zážitky v raném dětství mají příznivý vliv na jeho povahové vlastnosti i duševní schopnosti. Vysvětlíme tím i pozitivní vztah člověka k rodičům či osobě, která ho vychovala, vztah k rodnému kraji, v němž vyrůstal atp. *(zde je samozřejmě senzitivní období podstatně delší).*

2. **Zpřesňování a koordinace pohybů.** Základní technika běhání, šplhání či létání je dána zvířeti dědičně. Mládě se však cvikem postupně v pohybové koordinaci zdokonaluje. Např. vylíhlé kuře klove neobratně do různých zrníček a skvrn ve svém okolí. Postupně se naučí rozeznávat zrníčka písku od zrnek obilnin a rychle zdokonaluje i přesnost svého zobání. Poměrně často se zde uplatňuje napodobování dospělých *(imitace)* a hravé chování mláďat.



Příklad komunikace
a) slepá mláďata reagují na dotek hnízda zvednutím hlavy s rozevřeným zobáčkem
b) starší mláďata reagují na optický signál aktivním natočením se ke směru podnětu

3. **Přivykání** *(habituace)* je nejjednodušší a nejčastější způsob učení v celé živočišné říši. Jde v podstatě o „učení neodpovídat". Tento jev je blízký únavě *(vznikl patrně únavou specifických receptorů).* V podstatě má však význam v prevenci únavy motorické složky odpovědi. Zvíře si postupně „zvykne", že odpověď na určitý podnět „nestojí za námahu", příp. že není nutno odpovídat na podněty, které nemají zásadní význam. Např. přiložím-li chvějící se ladičku k okraji pavučiny, číhající pavouk se k ní rychle přiblíží. Po několikerém opakování si tohoto podnětu přestane všímat. Dalším příkladem je ztráta plachosti zvířat, která původně instinktivně před člověkem prchala. Tato nezbytná podmínka pro jejich ochočení byla i základním předpokladem zdomácnění, umožňuje ošetřování hospodářských zvířat atp.

4. **Strukturní vnímání** je schopnost vnímat prostorový nebo časový úsek jako celek. Jde o obdobu schopnosti vnímat určitou vlnovou délku světla jako barvu. Ptačí pěvci jsou tak schopni zapamatovat si druhově charakteristickou melodii. Zcela obecně: živočich pozná mezi mnoha jedinci příslušníka vlastního druhu *(příp. druhů, které mu mohou sloužit za potravu, nebo naopak těch druhů, které jeho samotného mohou ohrozit).*

5. **Podmiňování** je vlastně „pravé" učení. Bylo základem pokusů I. P. Pavlova, jimiž zkoumal projevy vyšší nervové činnosti a dokázal, že původní indiferentní podnět může vyvolat odpověď charakteristickou pro podnět jiný. Tuto skutečnost vysvětlil propojením mezi dvěma oblastmi mozkové kůry *(oblastí, do níž se promítá podmíněný podnět /hlas zvonku nebo světelný signál/, a oblastí, z níž je ovládána reflexní reakce /vylučování slin/).* Pokud je dráždění podmíněným podnětem v časové souslednosti s nepodmíněným podnětem opakováno, dochází k jeho posilování. Bez opakování podmíněný reflex vyhasíná.

K. Lorenz podmiňování definuje jako zpětnou vazbu úspěchu a neúspěchu. Na tomto principu je založeno učení zvířat metodou „pokusu a omylu" nebo „pokusu a úspěchu". Experimentálně byla prokázána pro přežití živočicha významná skutečnost, že lépe a déle si pamatuje špatné zkušenosti než zážitky dobré.

6. **Objevitelské chování** umožňuje zvířeti orientovat se v neznámém prostředí a v nových situacích. Jedinec při něm získává zkušenosti, jichž nevyužívá v konkrétní činnosti, ale může je využít později ve zcela odlišné situaci. Jako příklad je v etologické literatuře uváděn havran, zkoumající předmět, který nikdy neviděl. Uplatňuje přitom nejrůznější prvky chování. Zpočátku předmět zkoumá jako nepřítele, pak jako živou kořist, posléze jako mrtvou kořist a konečně jako neživou věc, na niž si i sedne. Projevem objevitelského chování je např. „zájem" lidoopů o každé narozené mládě vlastního druhu.

7. **Vhled.** O vhledu hovoříme tehdy, pokud jedinec v nové situaci dokáže reagovat, i když nemá odpovídající instinkty a naučené způsoby chování. V podstatě jde o pochopení souvislostí mezi prostorovými jevy v prostředí usuzováním. Jako příklad jsou uváděny klasické Köhlerovy pokusy, kdy šimpanz na sebe naskládá několik bedýnek tak, aby dosáhl na banán, zavěšený u stropu. Zvíře vystavené nové situaci ji vyhodnotí a rozhodne se. Vhled je projevem inteligence živočicha. Tento druh chování je nejrozvinutější u člověka díky jeho schopnosti myslet.

8. **Tradice** je přenos naučeného chování z jedince na jedince, z generace na generaci. V podstatě jde o ovlivnění chování celé skupiny převzetím na-

učeného chování od jiných jedinců. Podmínkou jejího vzniku je schopnost napodobovat, paměť a život v určité societě. Tradice vznikají v poměrně krátkém období a mohou se zabudovávat do vrozeného programu chování. Tradice mají spolu s učením význam pro evoluci chování.

Uveďme příklad u ptáků: V městské populaci sýkor zkušenost jediného ptáka vedla k napodobení ostatních, takže sýkory se naučily proklovávat za okny a na balkonech hliníkové uzávěry lahví od mléka a živit se usazenou smetanou. V Japonsku se v populaci volně žijících, avšak přikrmovaných makaků naučila metodou „pokusu a omylu nebo úspěchu" původně jedna opice omývat brambory v mořské *(slané)* vodě *(v podstatě je tím ochutila).* V krátké době tento způsob úpravy převzala celá populace na ostrově.

Tradice mají rozhodující význam až v lidské společnosti, kde díky přenosu symboly *(slovem a písmem)* lze hromadit obrovská množství údajů a vědomostí.

Závěrem dodejme, že chování živočichů se během fylogenetického vývoje vyvinulo jako druhově typická odpověď organismu na podněty z okolního prostředí. Je mimořádně rozmanité a mnohdy složité, kdy jeho vrozená složka se úzce prolíná se získanými životními zkušenostmi. U bezobratlých dosáhlo chování nejvyšší dokonalosti u hmyzu, u obratlovců je nejsložitější u savců a zejména u ptáků. Ve svém důsledku je garantem biologické úspěšnosti druhu a jeho přežití.

VI. ŽIVOČICHOVÉ A PROSTŘEDÍ

Živočichové existují pouze ve vzájemném vztahu s okolním prostředím. Věda, která tyto vzájemné vztahy mezi organizmy a jejich životním prostředím studuje, se nazývá **ekologie** *(oikos – obydlí, logos – nauka).* Je jednou z nejmladších biologických věd vůbec *(definici pojmu ekologie podal teprve v roce 1866 německý vědec Ernst Haeckel),* využívající poznatky všech přírodních věd. Jako věda o struktuře a funkci přírody se mimořádně rozvíjí zejména v současnosti. Ekologické poznatky jsou součástí vědeckého úsilí o ochranu přírodních hodnot i výchozími předpoklady pro přežití lidstva jako biologického druhu.

Obecná ekologie shrnuje a zobecňuje ekologické souvislosti a zákonitosti, které jsou závazné i pro člověka. Pro obnovu zemského povrchu zdevastovaného průmyslovou činností má význam **krajinná ekologie** *(k předním našim odborníkům v tomto oboru patřil profesor Vysoké školy zemědělské v Brně Vlastimil Vaníček (1918–1990), který za své celoživotní dílo v oboru ekodesignu krajiny obdržel evropskou Goethovu cenu za ekologii).*

Speciální ekologie věnuje pozornost jednotlivým skupinám organizmů *(rostlinná ekologie, živočišná ekologie, ekologie mikroorganizmů atp.).* Podle úrovně, na níž jsou ekologické vztahy studovány, pak rozlišujeme obory:

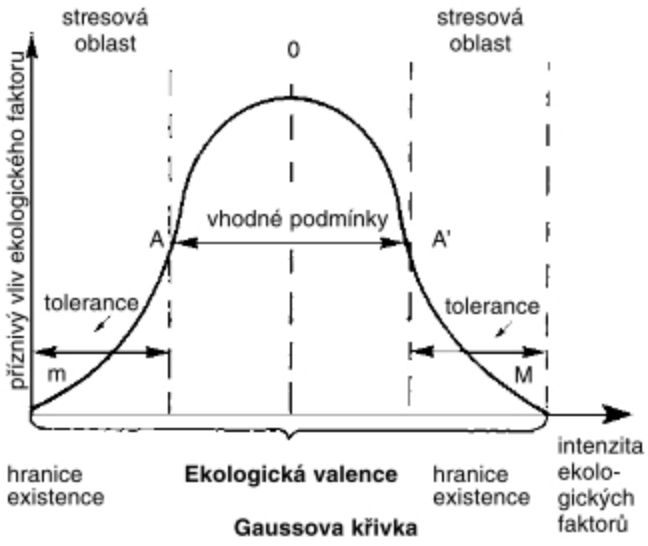
a) **autekologie** – studuje vztahy na úrovni jedince *(např. vliv biotických a abiotických činitelů, přizpůsobení, biorytmy)*;

b) **demekologie** – studuje ekologické vztahy na úrovni populací *(např. strukturu populace, populační dynamiku atp.)*;

c) **synekologie** – studuje ekologické vztahy v rámci přirozených společenstev a ekosystémů *(tok energie, biogeochemické cykly, vývoj ekosystému, antropogenní vlivy na přírodu).*

EKOLOGICKÁ NIKA

Každý živočišný druh obsazuje v ekosystému určitý prostor a současně je do něho zapojen. Toto přizpůsobení se určitému prostředí a s ním související specifická životní strategie je označováno jako **ekologická nika**. Populárně lze říci, že stanoviště je „adresou" příslušného organismu a ekologická nika je jeho „zaměstnáním" v biologickém smyslu. Tj. zahrnuje jeho funkční úlohu ve společenstvu – reakce na biotické, abiotické a antropogenní činitele prostředí. K činitelům **abiotickým** počítáme světelné záření, teplotu, tlak, vlhkost, chemizmus, k činitelům **biotickým** vnitrodruhové a mezidruhové vztahy. Faktory **antropogenní** jsou dány lidskou činností v ekosystému. Obecné schéma působení ekologických činitelů je dáno Gaussovou křivkou.



V rozmezí A–A' jsou velmi vhodné podmínky daného faktoru, přičemž vrcholem křivky O je vyjádřeno jeho optimální působení *(srv. str. 64)*.

Oblast m–A a A'–M jsou stresové oblasti s nedostatečnými podmínkami, v nichž organismus sice může přežívat, ale strádá. Míra schopnosti organismu snášet nepříznivé podmínky je označována jako **tolerance**. Existenční hranice intenzity příslušného faktoru představují jeho hodnoty v bodech m *(minimum)* M *(maximum)*, se smrtícími *(letálními)* vlivy na organismus. Schopnost existence organismu v určitém rozpětí podmínek *(m–M)* se nazývá **ekologická valence**. Ekologická valence jednotlivých faktorů může být pro různé druhy různě široká. Může být odlišná i u téhož druhu v různých fázích jeho ontogenetického vývoje. Druhy vázané na úzce vymezené podmínky existence označujeme jako **stenovalentní** *(např. koala medvídkový je potravně vázán výhradně na listy eukalyptů)*. Stenovalentní druhy se známými nároky na hodnoty příslušného faktoru slouží jako **bioindikátory** kvality příslušného životního prostředí. Naopak druhy dobře snášející kolísání daného faktoru v širokém rozmezí označujeme jako **eurivalentní** *(klasickým příkladem je takřka kosmopolitně rozšířená bekyně velkohlavá, jejíž housenky mohou požírat listí mnoha set druhů dřevin)*.

Vzhledem k tomu, že na organismus působí komplexně celý soubor faktorů, pak platí, že pro přežití a zdárný vývoj jedince musí být hodnoty naprosto všech v rozmezí ekologické valence pro příslušný druh. Podle *Liebigova* zákona minima vyplývá, že **úspěšnost organismu v daném prostředí je limitována tím faktorem, jehož hodnota je mu nejméně příznivá** *(např. velký mráz, nízký obsah kyslíku ve vodě, obsah škodlivin v biologicky znehodnoceném prostředí atp.)*. Pokud se hodnoty jediného z faktorů přiblíží smrtícímu pásmu *(letální zóně)*, je organismus oslaben. Projeví se to sníženou odolností vůči ostatním faktorům prostředí. Často i při optimálních hodnotách ostatních faktorů jedinec *(druh)* hyne.

Schopnost přizpůsobení a schopnost čelit změnám prostředí v prostoru a čase je předpokladem rozvoje živočišného druhu. Naopak specializace v úzkém rozmezí ekologických podmínek vede obvykle ke ztrátě možnosti dalšího vývoje a při jejich závažných změnách i k vymření druhu.

Morfologické a fyziologické změny i změny chování probíhaly během evoluce obratlovců současně s vytvářením a změnami ekologických nik. V ekosystémech výrazně ovlivňovaných člověkem je ovlivněna i hodnota činitelů životního prostředí, která se projevuje zúžením či rozšířením ekologických nik jednotlivých druhů. Některé druhy strádají – jsou **kulturofobní** *(např. obojživelníci)*, jiné naopak nacházejí optimální podmínky – jsou **kulturofilní** *(např. vrabec domácí, hrdlička zahradní)*.

Abiotické faktory

Poměrně snadno lze vypozorovat **vliv abiotických faktorů** na živočichy. **Světelné záření** např. umožňuje zrakovou orientaci živočichů, rytmickým střídáním dne a noci ovlivňuje jejich aktivitu a odpočinek a v mírném pásmu i délkou doby osvětlení *(fotoperioda)* působí změny zbarvení povrchu těla, línání, pelichání, páření atp. Život zvířat výrazně ovlivňuje i **teplota** prostředí. U ryb a obojživelníků má rozhodující vliv na délku jejich ontogenetického vývoje, přímo ovlivňuje i aktivitu plazů a má i dlouhodobý vliv na jejich tělesné rozměry *(např. živočichové žijící v chladných severských oblastech mají kratší uši než příslušníci téhož druhu, žijící v teplých oblastech jižních)*. Období rozmnožovací je sladěno s obdobím optimálních teplot a hojnosti potravy.

Biotické faktory

Významným **biotickým faktorem** je zpusob výživy. **Biofágové** přijímají potravu čerstvou, **nekrofágové** rozkládající se organickou hmotu. Někteří požírají mršiny *(hrobařík, sup, hyena)*, červotoči se živí odumřelým dřevem *(nábytek)*, chrobáci výkaly. V zásadě rozlišujeme živočichy živící se rostlinami a živočichy živící se jinými živočichy nebo jejich produkty. **Býložravci** *(fytofágové)* se živí buď zelenou hmotou rostlin *(např. kopytníci, sarančata, hraboši)*, nebo semeny *(myšice, zrnožraví ptáci)*, příp. jsou rostlinnými parazity *(např. mšice)*. **Dravci** *(zoofágové)* se živí bílkovinami těl své kořisti, kterou usmrtí *(šelmy, pavouci, slunéčka, střevlíci)*. Odborně se označují též jako **predátoři**. Pokud žijí na úkor jiného živočicha *(hostitele)*, jehož oslabují, ale neusmrcují, jsou to **cizopasníci** *(parazité)*. Rozlišujeme cizopasníky vnější – **ektoparazity** *(blecha, klíště, pijavka)* a cizopasníky vnitřní – **endoparazity** *(tasemnice, hlísti, lumkové, střečci)*. Některé živočišné druhy jsou **potravní specialisté**. Např. včela se živí pouze nektarem a pylem, bourec morušový je schopen se živit pouze listy morušovníku. Naproti tomu medvěd se živí jednak potravou rostlinnou *(kořínky, plody)*, živočišnou *(loví myši, strhne i krávu)*, příp. se živí i mršinami *(uhynulé kusy vysoké zvěře)*. U obojživelníků se jedinec téhož druhu v rané fázi svého ontogenetického vývoje *(jako larva – tedy pulec)* živí např. řasami a v dospělosti výhradně potravou

živočišnou. Ekologicky významné je i **množství potravy**, které přímo ovlivňuje růst, velikost těla i plodnost *(v letech přemnožení /gradace/ hrabošů např. vyvádí káně dvě snůšky mláďat).*

Potravní specializace umožňuje život poměrně značného množství živočišných druhů na vcelku malém území. Názorným příkladem je začlenění se do ekologické niky v africké savaně *(zebra, antilopa, nosorožec, žirafa)* nebo v severském smíšeném lese *(hraboš, zajíc, srnec, jelen, příp. los).*

Potravní niky v biomu tajgy

ŽIVÉ SYSTÉMY

Každý živočišný druh *(organismus)* žije v přírodě v určitém prostředí, které mu poskytuje vhodné podmínky pro život *(hmotu a energii pro jeho metabolismus a růst, umožňuje mu odstraňovat nepotřebné, příp. škodlivé látky, umožňuje mu rozmnožování a nepoškozuje ho).* Místa s těmito vlastnostmi se nazývají **stanoviště** *(biotop)* příslušného druhu. Biotopy, na nichž byl výskyt daného druhu konkrétně prokázán, se nazývají **naleziště** *(lokality).* Soubor biotopů s ekologicky vhodnými vlastnostmi pro daný druh označujeme jako jeho **areál výskytu**. Rozlišujeme např. areál hnízdní, potravní, zimoviště atp.

Jedinci téhož druhu nežijí osamoceně, nýbrž v určitém prostoru a čase vytvářejí **populace** příslušného druhu. Přirozený soubor populací různých druhů organismů s blízkými nároky na prostředí označujeme jako **společenstvo** – **biocenózu**. To je tvořeno rostlinami – **fytocenóza** a živočichy – **zoocenóza**. Charakteristickým znakem společenstev – biocenóz – je jejich stálost, nezávislost a schopnost autoregulace. Rozlišujeme **společenstva přirozená**, vzniklá dlouhodobým samovolným vývojem, a na jejich úkor člověkem šířená druhotná **společenstva umělá** *(kupř. smrková monokultura vysazená mimo smrkový vegetační stupeň, monokultura zemědělských plodin /agrocenóza/, příp. synantropní společenstva v okolí lidských sídlišť).*

Oba typy organismů *(rostliny i živočichové)* jsou vzájemně vázány a žijí v integraci s geologickým podkladem – **geobiocenóza**, s nímž tvoří dynamické ekologické soustavy – **ekosystémy**. Ekosystémy jsou základní jednotky celého biologického systému Země – **biosféry**.

Ekosystém je otevřený, dynamicky se vyvíjející živý systém, v němž dochází ke koloběhu látek a jímž protéká tok energie a genetické informace.

Hranice suchozemských ekosystémů je tvořena zpravidla geologickým podkladem a typem vegetace. Na jejich okrajích, v místech styku se sousedními ekosystémy, se nacházejí přechodná společenstva neboli **ekotony**. Ve struktuře i funkci se vzájemně ovlivňují a vynikají mimořádnou pestrostí živočišných druhů, které je obývají *(okraj lesa a louky, porost břehové vegetace).*

Jejich protikladem jsou společenstva smíšená – **zonály**, v nichž se životní podmínky v určitém směru podstatně mění *(např. kontinentální šelf od pevninského zlomu do příbojového pásma nebo přirozený lesní vegetační stupeň v závislosti na nadmořské výšce).*

V suchozemských prostředích *(tedy nikoli v prostředí vodním)* odborníci z praktického hlediska v krajině vymezují **biogeocenózy**, jejichž abiotické faktory zpravidla určují charakter převládající vegetace *(tedy nikoli „les“ ve smyslu ekosystému, ale např. jedlová bučina, jasanová javořina atp.).*

Jednotlivé složky ekosystému jsou vzájemně složitě propojeny. Dochází u nich k pohybu chemických prvků a energie z prostředí do organismů a z organismů do prostředí.

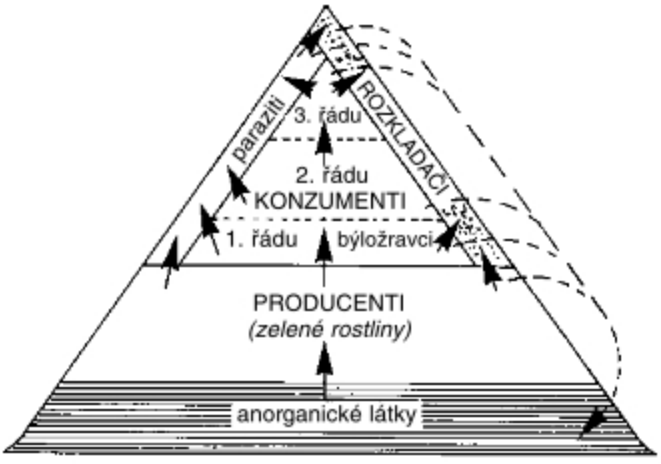
Dlouhodobý zákonitý proces vývoje biocenózy se nazývá **ekologická sukcese**. V jednotlivých fázích jejího vývoje se tvoří **sukcesní stadia** s typickou vegetací a živočišstvem *(str. 358–359).* Postupně se vytvoří tzv. **klimax**, s typickým rovnovážným stavem, velkou druhovou rozmanitostí, specializací ekologických nik, složitými potravními řetězci i velkou odolností vůči vnějším rušivým vlivům.

K existenci života je nezbytná energie. Jejím jediným zdrojem je energie sluneční *(str. 35).*

POTRAVNÍ EKOLOGIE

Potravní vztahy v ekosystémech vyjadřuje ekologická potravní pyramida. Vyplývá z ní, že jediným zdrojem organické hmoty ekosystému jsou autotrofní zelené rostliny – **producenti**. Na nich jsou závislé heterotrofní organizmy – **konzumenti**, kteří se mohou živit producenty *(např. býložravci, které označujeme jako konzumenty 1. řádu)* nebo konzumenty nižšího řádu *(dravci, šelmy, které označujeme jako konzumenty 2., příp. 3. řádu /tito bývají zpravidla konzumenty konečnými/)*. Živá složka ekosystému má ještě třetí skupinu organizmů.

Jsou to **rozkladači** *(destruenti, dekompozitoři)*, obvykle mikroorganizmy *(bakterie, plísně, houby)*, odbourávající mrtvou organickou hmotu na minerální látky. Dodejme, že producenti i konzumenti všech řádů mívají obvykle **parazity**. Je znám i tzv. **hyperparazitismus**, kdy na parazitujícím parazitovi parazituje další parazit, např. u cizopasných blanokřídlých.



Ekologická potravní pyramida

Na každé potravní úrovni se značná část energie spotřebovává ke krytí životních funkcí organismu a značná část se jí uvolňuje formou tepla. Z toho vyplývá, že živočichové na příslušné potravní úrovni využívají asi 10 procent látek a energie z úrovně předcházející. Přibližně stejný podíl využívají pak konzumenti vyššího řádu. V ekosystému tak obvykle existuje nejvýše pět potravních stupňů *(potravních úrovní)*. V nich je tok energie vyjádřen **potravními řetězci**, které jsou trojího typu:

– pastevně kořistnický,
– rozkladný *(dekompoziční)*,
– cizopasný *(parazitický)*.

1. **Pastevně kořistnický:**
   např.:

tráva → hraboš → poštolka
bylina → saranče → ještěrka → liška
řasy → perloočky → ryby → dravé ryby → tuleň → člověk
řasy → býložravé ryby → dravé ryby → tuleň → lední medvěd → člověk

   Na počátku tohoto potravního řetězce je vždy producent a dalšími články jsou vždy konzumenti vyšších řádů. Platí, že konzument vyššího řádu má zpravidla tělo větší, avšak populační hustotu nižší než organismus na předcházející potravní úrovni, který mu byl kořistí.

2. **Rozkladný** *(dekompoziční):*

   Zahrnuje saprofágní a nekrofágní organizmy, které se podílejí na rozkladu *(mineralizaci)* odumřelé organické hmoty. Tělesná velikost dekompozitorů je mikroskopická, avšak jejich populační hustota dosahuje astronomických hodnot.

3. **Cizopasný** *(parazitický).*

   Parazit žije na úkor svého hostitele, jehož však obvykle neusmrcuje *(srov. str. 86, 88, 89, 91, 100, 101, 103, 104, 108, 112, 118, 128, 129, 130, 140, 176, 179).*

Potravní řetězce jsou složitě propojeny v **potravní síť ekosystému**.

Pro obratlovce v suchozemských ekosystémech z výše uvedeného plyne, že v přírodě je větší počet konzumentů 1. řádu *(býložravci)* než konzumentů 2. řádu *(šelmy, dravci)*. Ve vodním prostředí naopak převládají konzumenti vyšších řádů *(kruhoústí, paryby, ryby, kytovci)*. Producenti biomasy jsou zde zpravidla mikroskopické organizmy, avšak v obrovských množstvích. Jimi se živí bezobratlí. Obratlovci se do potravního řetězce zapojují až jako konzumenti vyššího řádu. Vědci usuzují, že první obratlovci žili ve sladkých vodách a živili se mikrofágně. **Aktivní lov** *(predace)* se vyvinul **druhotně** jako ekologická adaptace. Zcela zvláštní je skutečnost, že **býložravost** *(fytofágní výživa)*, která je obecně chápána jako počátek každého suchozemského potravního řetězce, se vyvinula jako potravní specializace teprve až po přechodu živočichů na souš, v souvislosti s bohatými potravními zdroji, které představují vyšší rostliny.

POPULAČNÍ EKOLOGIE

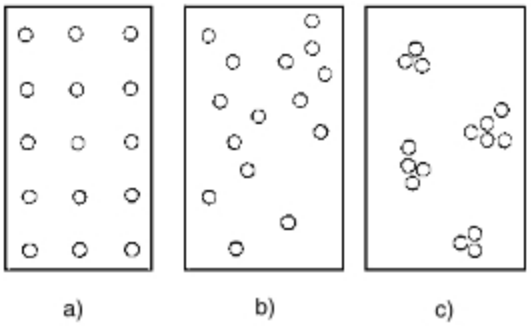
Organizmy v přírodě nežijí osamoceně, nýbrž vytvářejí **populace**. Jsou to soubory jedinců téhož druhu, obývající v daném časovém období určité území. Z toho důvodu se na nich velmi často zkoumá i vliv ekologických faktorů. Této části ekologie se říká populační ekologie – **demekologie**.

Pojmem populace se výhradně míní jedinci téhož druhu. A to jak dospělí, tak jejich vajíčka, příp. larvy nebo i stadia umožňující přežití nepříznivých podmínek *(např. efipia perlooček)*. V některém období roku dokonce populace existuje výhradně v jediném stadiu *(např. v zimě gemule sladkovodních hub), (srv. str. 67)*.

Platí, že v populaci jsou jedinci rozmístěni tak, aby každý měl pravděpodobnost podílet se na produkci potomstva. Areál obývaný populací může být různě velký *(např. městská populace vrabce v určitém městě, ale i např. celoevropská populace vrabce)*.

Populace je živý systém, v němž se projevují biologické vlastnosti jedinců, ale i biologické vlastnosti celé skupiny. Populace tak může růst, diferencovat se, udržovat se, stárnout, mít určitou strukturu, **natalitu** *(porodnost, množivost)*, **mortalitu** *(úmrtnost)*, rozptyl apod. Populační ekologie umožňuje tyto vlastnosti zkoumat, poznávat a kvantitativně vyjadřovat. Přispívá tím k dokonalejšímu poznání genofondu přírody.

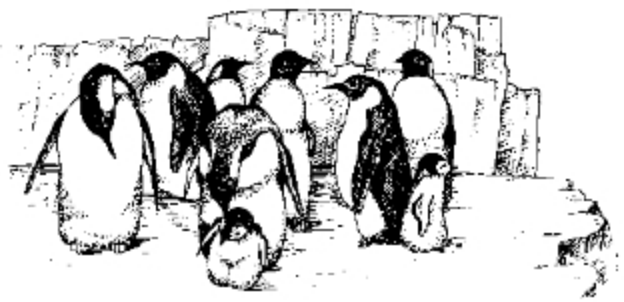
Rozmístění jedinců v populaci – **rozptyl** *(disperze)* – bývá u živočišných druhů zpravidla nerovnoměrné a nepravidelné, se snahou shlukovat se. Shlukování mívá pro život jedinců kladný vliv *(účinná obrana kopytníků proti šelmám, shlukování včel do zimního chomáče umožňuje udržení vhodné teploty, a tedy přežití včelstev včely medonosné i v krutých mrazech)*. Disperze informuje o umístění jedinců v obývaném prostoru.



Rozptyl jedinců v populaci
a) pravidelný, b) nepravidelný, náhodný, c) shloučený

Lineární disperze se např. uplatňuje u druhů obývajících břehové prostory tekoucích vod *(populace skorců vodních na potoce)*. Dočasně lineární uspořádání mají např. kachny nebo rackové na tahu. **Plošná disperze** má význam pro obratlovce obývající zemský povrch nebo žijící těsně pod ním *(obojživelníci, plazi, hlodavci)* a ve vodních ekosystémech pak pro druhy obývající dno vodních nádrží. **Prostorová disperze** se uplatňuje u vodních obratlovců, obývajících různě vodní vrstvy, a ze suchozemských u stromových ptáků a šplhavých savců.

a)



b)

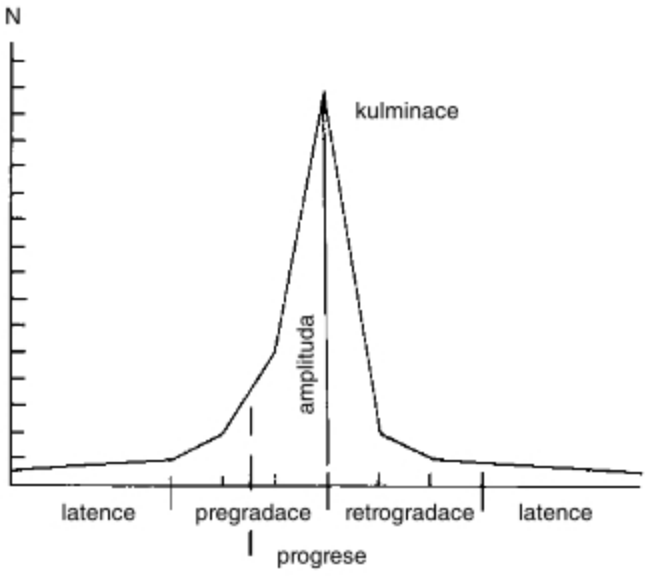
c)

Příklady disperze v ptačích populacích
a) lineární, b) plošná, c) prostorová

S rozmístěním jedinců souvisí **hustota populace**, která je dána počtem jedinců na jednotku plochy či prostoru – **abundance**; např. počet kusů srnčí zvěře na 100 ha honitby, počet střevlíků na 1 m^2 půdního povrchu. Platí přitom, že hustota konzumentů nižšího řádu bývá zásadně větší než hustota konzumentů řádu vyššího, tedy predátorů *(šelem a dravců)*. Např. na 1 ha pole žije několik set hrabošů, avšak pouze jediný pár poštolky se uživí asi na 10 ha pole. Vzhledem k rozdílné velikosti jedinců v rámci jednotlivých druhů se přepočítává hustota na hmotnost živé váhy – **biomasy**, příp. **sušiny** na jednotku plochy.

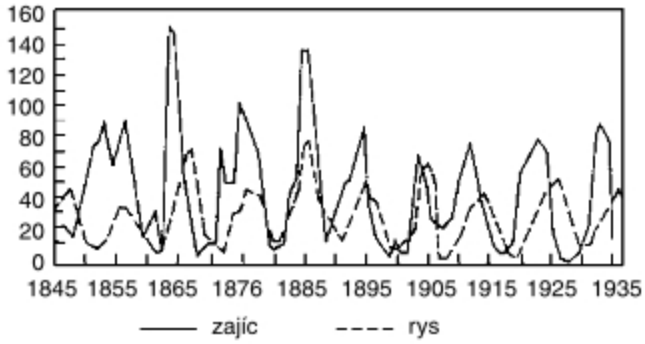
Populační dynamika

Hustota populace podléhá druhově podmíněným změnám. V zásadě rozlišujeme oscilaci a fluktuaci. **Oscilace** je kolísání početnosti během jediného roku. Např. v našich zeměpisných šířkách se rozmnožování živočichů časově shoduje s růstem rostlinstva. V předjaří bývá početnost druhu nízká, ve vegetačním období, kdy převažuje porodnost nad úmrtností, dosahuje maxima *(hmyz, drobní savci)*. Kolísání během více let – **fluktuace** – jsou výsledkem rozdílu natality a mortality v jednotlivých letech. Bývá obvykle na úrovni nízkých až středních hodnot. Některé druhy *(obvykle býložravé)* se čas od času přemnožují ***(gradace)***. *(Např. hraboš polní, saranče stěhovavé, lumík norský, bekyně mniška).* Přitom značné množství jedinců spotřebuje potravní zdroje *(současně dochází i k zákonitému rozvoji dravců a šelem)*. Po gradačním vrcholu – **kulminaci** – tedy dochází k prudkému poklesu početnosti – **retrogradace**. Následuje období nízkých stavů – **latence**, mírného nárůstu – **pregradace** – a prudkého, ničím nebrzděného exponenciálního růstu – **progrese** s novým gradačním vrcholem.



Fáze gradační křivky *(N = počet jedinců)*

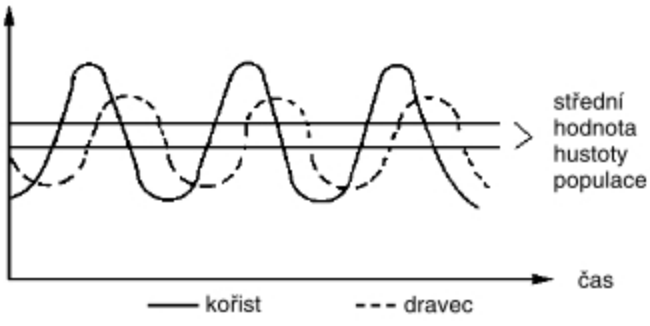
Na kolísání početnosti populací mají obvykle vliv klimatické podmínky, vzájemné vztahy kořisti a dravce, cizopasníci, nemoci, zásahy člověka *(vytváření ekologicky nevyvážených monokultur)*, ale i vnitřní činitele fyziologické a genetické.



Příkladem cyklického kolísání hustoty populace je vývoj rysa a polárního zajíce v Severní Americe *(graf byl sestrojen z údajů o vykoupených kůžích v letech 1845–1935)*.

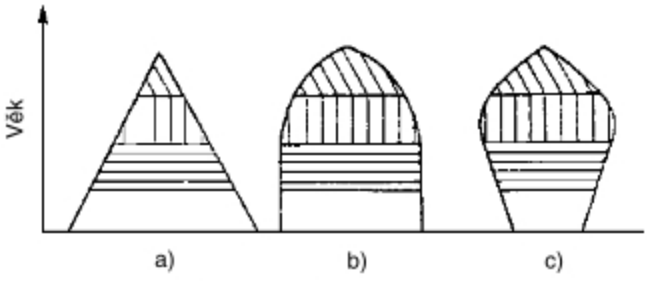
Vztah mezi kořistí a predátorem *(dravcem, šelmou)* vyjádřil matematicky italský vědec **Vito Volterra** *(1860–1940)*. Své závěry formuloval takto:

1. *Populace kořisti i predátora kolísají kolem středních hodnot.*
2. *Kořist je vždy početnější než dravec.*
3. *Vzrůst populace dravce se časově zpožďuje za růstem populace kořisti.*



V důsledku nerovnoměrného rozložení životně důležitých složek prostředí bývají živočichové rozptýleni v krajině zpravidla **nenáhodně** a **nerovnoměrně**. Významnou roli zde hraje **sociální struktura** populace *(hierarchie nadřazenosti či podřazenosti člena stáda, hejna či smečky)* a **poměr pohlaví** *(sex ratio)*. I když jsou díky své aktivitě při vyhledávání samic většinou patrní samci *(nápadným zpěvem u pěvců, troubením u jelení zvěře)*, bývá obvykle poměr pohlaví 1 : 1. Jsou samozřejmě i výjimky. Např. v populaci partenogeneticky se rozmnožujících perlooček nebo mšic mohou samci zcela chybět. V kulminující populaci hrabošů předčasně odumírají nedospělí samci, takže v dospělé složce populace se poměr samců a samic ustaluje na hodnotě 1 : 6.

Významnou charakteristikou populace je její **věková struktura**, která je tvořena třemi kategoriemi: **Pohlavně nedospělá mláďata** *(preprodukční)*, **jedinci schopní rozmnožování** *(reprodukční)* a **jedinci staří**, neschopní rozmnožování *(postprodukční).* Tato poslední kategorie v přírodě prakticky chybí. Díky kulturnímu vlivu je však mimořádně rozvinuta v populaci lidské. Znázorněno graficky má rozvíjející se populace **tvar pyramidy** o široké základně *(s největším počtem jedinců mladých),* stálá, vyvážená populace má **tvar zvonovitý** *(podíl mláďat a pohlavně aktivních jedinců je téměř stejný, při malém podílu jedinců starých).* Vymírající populace má **tvar urny** *(malý počet mláďat, mnoho jedinců dospělých a starých).*



Věková struktura populace
a) pyramida *(rozvíjející se populace s velkým množstvím mladých jedinců)*
b) zvon *(stálá populace s velkým dílem mladších i starších rozmnožujících se jedinců – šrafováno vodorovně a svisle)*
c) urna *(vymírající populace s malým podílem mladých a velkým podílem starých jedinců)*

Podobně jako se ontogeneticky vyvíjí jedinec, tak roste, stárne, zmenšuje se, příp. odumírá i populace. Tento vývoj je dán množivostí a úmrtností *(natalita a mortalita)* příslušníků populace.

Množivost je přímo závislá na rychlosti jejich metabolismu a nepřímo závislá na jejich velikosti *(je tedy vyšší u prvoků a u myší než u kopytníků a u slonů).* V optimálních podmínkách *(mohou snad být vytvořeny pouze laboratorně)* může být v počátku rozvoje populace dosaženo maximální, tzv. **fyziologické množivosti**. V přírodě je však natalita závislá na řadě podmínek, takže realizovaná natalita, tzv. **ekologická množivost**, je podstatně nižší.

Přirozeným protikladem množivosti je úmrtnost – **mortalita**. Je výrazně vyšší u mláďat. Např. 99 housenek motýlů ze sta zahyne – úmrtnost je tedy 99 %. Podobně do stáří šesti měsíců uhyne 93 % populace vrabců.

Pro živočišné populace je nápadná jejich **prostorová aktivita**, k níž dochází jednak v rámci teritoria *(vyhledávání optimálních potravních zdrojů, úkrytů, sexuálních partnerů),* ale i mimo ně. Při pohybu jedinců na území, které druh dosud neobýval, hovoříme o **expanzi druhu**. Např. severoamerický druh ondatra pižmová byl v počtu několika jedinců vysazen v r. 1905 na Dobříši. Během 20 let se rozšířil až k Alpám a za dalších 30 let zabydlel území celé střední Evropy.

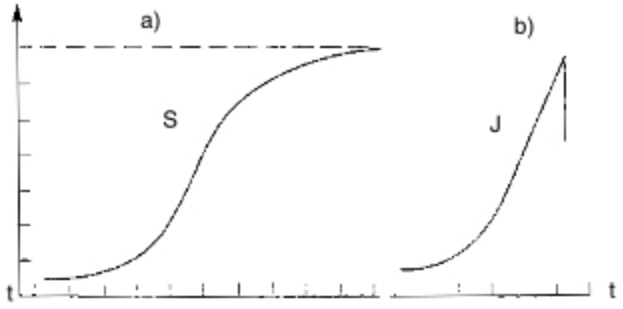
Známe i **jednostranné rozšíření** druhu. Např. hrdlička zahradní, obývající původně jen Malou Asii, při svém šíření překročila kolem roku 1900 Bospor a hojně se rozšířila po celém Balkánu. V roce 1942 bylo zjištěno její první hnízdění u nás a počátkem 50. let již běžně hnízdila i ve Skandinávii a v Anglii.

Jiným příkladem může být drobný okrově hnědý motýlek **klínénka jírovcová** *(Cameraria ohridella).* V roce 1986 byl poprvé objeven u Ohridského jezera v Makedonii. U nás je znám jeho první výskyt z roku 1993 v okolí Lednice. V roce 1997 se již vyskytoval na celém území ČR a rychle se rozšířila do celé střední a západní Evropy.

U některých živočišných druhů bývají nápadné migrace, které často postihují celé populace. Jde buď o **stěhování se zpětným návratem** z důvodů **klimatických** *(tažní ptáci),* **rozmnožování** *(anadromní migrace lososů k prameništím řek, katadromní migrace úhořů z řek do moře),* příp. cyklické **migrace za potravou** *(rozsáhlé přesuny kopytníků v afrických savanách nebo v polární tundře, tahy sleďů a tresek do úživných teplých mořských proudů),* příp. **migrace vertikální** *(sestup kamzíků do nižších poloh za potravou při vysokém stavu sněhu).*

Významným znakem populace je i **forma populačního růstu**. Hustota populace totiž nemůže narůstat nekonečně. Při vstupu jedinců příslušné populace do neobsazené ekologické niky narůstá hustota populace zpočátku zvolna, posléze strmě, a ve třetí, tzv. stacionární fázi, se výrazně zpomaluje. Dochází totiž k čerpání zdrojů potravy, zatížení obývaného prostoru odpady vlastního metabolismu, rozvoji parazitů atp.

Podle průběhu růstu rozlišujeme buď **růst uzavřený** *(růstová křivka má tvar písmene S),* typický např. pro kopytníky, kdy maximální hustota populace kolísá kolem hodnoty označované jako **únosná kapacita prostředí**, nebo pro hmyz typický **růst otevřený** *(křivka má tvar písmene J),* kdy po počáteční fázi pozvolného narůstání následuje prudký růst, který se v určitém bodě zastaví a početnost populace strmě klesá do oblasti nízkých hodnot *(typické pro druhy hmyzu s jedinou generací v roce).*



Růstová křivka populace
a) křivka tvaru S *(růst uzavřený)*, b) křivka tvaru J *(růst otevřený)*

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: BIOMY
POUŠTĚ A POLOPOUŠTĚ

Pouštní a polopouštní biom zahrnuje velmi širokou teplotní škálu; od horkých pouští, jako je Sahara, až po pouště velmi chladné, jako je například Gobi. Některé jsou velice suché, např. jihoamerická Atacama, bez vegetace, na jiných se vyskytují sezónní srážky a rostou na nich rozličné druhy sukulentů. Úhrnné roční srážky však nepřesahují 250 mm. Z živočichů jsou zastoupeny druhy s úsporným vodním metabolismem.

Velbloud dvouhrbý žije divoce v pouštích Střední Asie. Velbloudi jsou výborně přizpůsobeni pro život v pouštích. Z loje nakupeného v hrbech vzniká okysličováním voda, která se dostává do krevního oběhu.

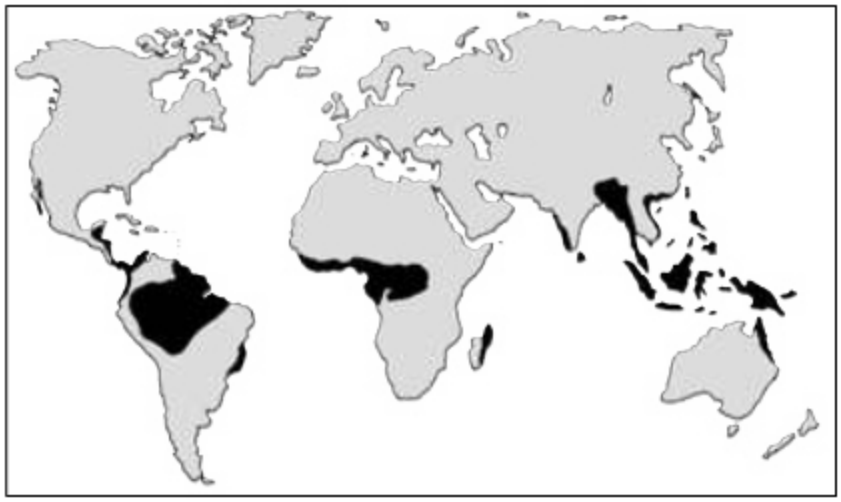
Nejjedovatějším zástupcem štírů na Sahaře je *Androctonus australis*. Přes den žije zahrabán v jemném písku. Při náhodném našlápnutí bodne. Jeho bodnutí může být pro člověka smrtelné.

Nejhojnějším zástupcem plazů severosaharských pouští je agama atlasová.

Scink „písečná ryba" je plaz ideálně přizpůsobený pohybu v písečných dunách.

Fenek je psovitá šelma s noční aktivitou. Živí se hmyzem, ještěrkami, hlodavci a ptáky, které vyslídí výborným čichem a velice citlivým sluchem.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES



se nachází v nižších nadmořských výškách s pravidelnými a hojnými dešťovými srážkami. Dominujícími rostlinami jsou stromy tvořící nejvyšší patro, které určuje mikroklima v nižších vrstvách. Při zemi zůstává vlhkost ve dne i v noci stále okolo 90 % a teplota vykazuje zřídkakdy výkyv větší než 4 až 5 °C. Ve výšce 30 m nad zemí klesá při východu slunce vlhkost vzduchu z nočních 95 % na 60 % a teplota se s postupujícím dnem zvyšuje z nočních 21 °C na 30 až 35 °C v poledne. Život v tropickém deštném lese nejvíce ovlivňuje právě toto svislé rozvrstvení klimatu. Všechny lesy tropických oblastí se vyznačují nesmírným druhovým bohatstvím organizmů – rostlin, živočichů a hub, jejichž přesný počet a popis se pravděpodobně nikdy nezdaří. Tam, kde korunový zápoj lesa není přerušen, mohou růst na zemi semenáčky velkých stromů a některé stínobytné liány a byliny.

Seriema patří mezi ohrožené druhy. Je zástupcem dlouhonohých ptáků, kteří jsou zvláštností tropické Ameriky.

Křiklavé zbarvení žáby z rodu Dendrobates je varovným signálem. V kožních žlázách vytváří jed ochromující nervy a svalstvo postiženého.

Lenochod krátkokrký je endemickým druhem Jižní Ameriky. Lenochodi tráví většinu svého života hlavou dolů.

Býložravý hoacin žije na stromech jihoamerických pralesů.

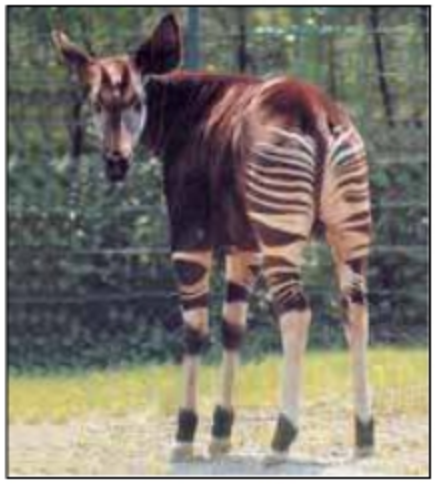
Kosmani na rozdíl od ostatních opic Nového světa mají drápy místo nehtů.

Drobná vačice z rodu Marmosa patří mezi vačnatce Jižní Ameriky, kteří nepodlehli konkurenci placentálních savců ze severu.

TROPICKÝ DEŠTNÝ LES

Jakmile je zápoj přerušen, dojde ve vegetaci k výrazné změně. Sluneční záření a vítr pronikají k povrchu půdy a způsobují, že semena stínobytných druhů nemohou vyklíčit a místo nich nastupuje jiné společenstvo – trávy a keře. To je také příčinou, proč deštný prales, byl-li na některém místě vymýcen, se těžko obnovuje. Stromy rostou v křehké rovnováze s obklopujícím prostředím. V horkých a vlhkých oblastech rozkládají bakterie odumřelé části rostlin tak intenzivně, že mizí dříve, než mohou být plně nahrazeny novou vegetací. Vydatný a teplý déšť rozpouští minerální živiny, které vyluhuje a odplavuje z půdy dříve, než je rostliny stačí využít. Půda na mýtinách je chudá na organické složky, postupně červená vlivem chemicky stálejších sloučenin železa a hliníku, působením vzduchu tvrdne. Na takové půdě se rostlinný pokryv obtížně obnovuje.

Galeriový les je pruh hustého lesa podél říčních břehů v sušších oblastech. Jeho existenci umožňuje prosakující voda a zvýšená vzdušná vlhkost kolem řeky.



Okapia pruhovaná je blízkou příbuznou žiraf. Žije samotářským, skrytým životem v afrických rovníkových pralesích.

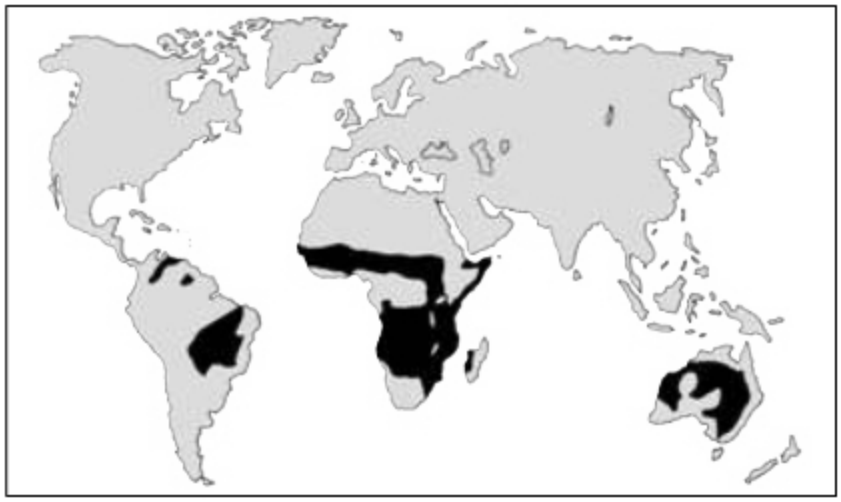
V lesích údolí Konga sídlí pygmejové, lidé velmi malého tělesného vzrůstu, výborně přizpůsobeni životu v tropickém lese.

Orangutani jsou ze všech lidoopů nejvíce přizpůsobeni stromovému způsobu života. Vyskytují se v pralesích Bornea a Sumatry.

Mezi ohrožené druhy tropické Afriky patří šimpanzi, kteří jsou geneticky nejblíže příbuzní člověku.

Hmyzožravé láčkovky jsou hojně rozšířenými rostlinami deštného lesa.

SAVANA



(tropický travinný biom) je přechodem mezi stepí a lesem. Vzniká tam, kde část roku silně prší a po delší dobu 3 až 8 měsíců neprší vůbec nebo jen velmi málo. Savany jsou rozsáhlá travnatá společenstva s roztroušenými skupinami stromů. V období sucha dochází často k požárům, které přispívají k obnovení přirozené sukcese. Pro vegetaci má rozhodující význam také působení pasoucích se zvířat. Hlavními vlastnostmi trávy, které přímo či nepřímo podmiňují její význam pro savce, jsou vysoká výživná hodnota, značná odolnost proti suchu, ohni a poškozování spásáním. Dále je to především schopnost trávy okamžitě využít vydatných deštů po dlouhotrvajícím

Žirafy okusují listy až 6 m vysoko nad zemí.

Nosorožci se živí listy menších stromů a křovin.

Zebry spásají vrcholky trav.

Potravní specializace býložravců v savaně umožňuje dokonalé využití vegetace

Buvolci okusují listnatou střední část trav.

Gazely spásají stébla trav těsně nad zemí.

Prase bradavičnaté vyrývá kořeny a podzemní hlízy.

Lvi žijí v rodinných skupinách a při lovu pasoucích se zvířat obvykle spolupracují.

SAVANA

suchu a mechanickém poškození. Masa vláknitých kořenů pevně ukotvuje trávu v půdě. Obnovovací pletiva, z nichž vyrůstají nová stébla a listy, jsou dobře chráněna v přízemních pochvách tvořených zbytky uschlých nebo spasených listů. Trávy se snadno rozmnožují vegetativně vyháněním podzemních nebo pozemních výběžků. Jsou opylovány větrem a nejsou závislé na hmyzu. Rostlinstvo i zvířena savany jsou druhově chudší, ale populace druhů jsou početné – produkce biomasy je značná. Všeobecně velké rozměry kopytníků, utváření jejich zubů a dlouhých končetin opatřených kopyty jsou přizpůsobeními, která se přímo i nepřímo vztahují k savanovému biotopu.

Hyeny potřebují k životu nejen maso, ale i kosti. Živí se mršinami a zbytky, které nespotřebovaly velké šelmy.

Sloni rozsáhlým okusováním, protrháváním a vyvracením stromů, prošlapáváním cest významně přispívají k udržování prostředí savany.

Gepard je nejrychlejší šelma. Jeho kořistí jsou menší antilopy.

Levhart je samotářský lovec. Je obratný, výborně šplhá. Loví většinou v noci a ze zálohy, nejčastěji u napajedel.

Buvoli jsou typičtí zástupci turovitých. Mají mohutné rohy budící respekt.

Při likvidaci mršin mají nezastupitelnou roli supi, kteří spotřebují to, co zbude po hyenách a šakalech.

Pštrosi jsou výborní a vytrvalí běžci. Mláďata vodí a starají se o ně často víc samci než samice.

JIHOAMERICKÉ TRAVNÍ POROSTY *(PAMPY)*

se rozprostírají na obrovské ploše v oblasti na východ od And. Většina velkých zvířat, která obývala pampy v době, kdy Jižní Amerika byla samostatnou pevninou, vymizela asi před 1 milionem let. Typ travních porostů a druhy živočichů, které je obývají, závisí většinou na množství dešťových srážek a na teplotě ovzduší. Porosty jsou tvořeny směsí kavylů, strdivek, smělků a kostřav. Největším ptákem je nelétavý nandu pampový, který je protějškem afrického pštrosa. Dále se vyskytují tinamy a hojně sova králičí. Nejrozšířenějšími druhy jsou zde drobní savci – mara stepní, viskača, morče divoké. Z predátorů pes hřivnatý a druhy živící se hojně zastoupeným hmyzem – mravenečníci a skunkové.

Viskača se po většinu dne skrývá v norách. Za potravou vylézá jen v noci. Má zajímavý zvyk hromadit v okolí svých nor různé předměty.

Mravenečník představuje vysoce specializovaný druh živící se mravenci a termity. Má dlouhý jazyk pokrytý lepkavými slinami a silné končetiny opatřené drápy k rozhrabávání termitišť a mravenišť.

Sova králičí využívá k hnízdění chodby vyhrabané viskačou. Živí se drobnými hlodavci.

Typickým obyvatelem pamp je morčeti příbuzná mara stepní.

Morče divoké zůstává i v zajetí plaché.

Pes hřivnatý patří mezi nejvyšší psovité šelmy. Jeho dlouhé nohy jsou uzpůsobeny běhu a lovu ve vysoké trávě savan střední Brazílie.

Pásovec šestipásý patří společně s dalšími 20 druhy pásovců k nejhojnějším savcům Jižní Ameriky. Jedinečnou ochranu mu poskytuje pevný krunýř z rohovitých desek, volně spojených.

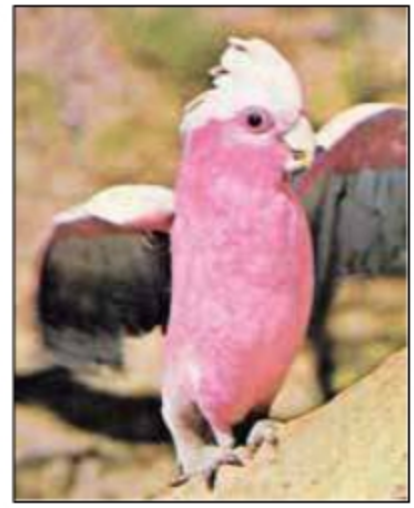
Nandu pampový žije v hejnech. Mláďata vodí jen samci. Při ohrožení dovede běžet rychleji než kůň.

AUSTRALSKÝ SAVANOVÝ LES

je tvořen řídkým porostem stromů *(hlavně blahovičníků)* a podrost tvoří směs trav a křovin. Typickými obyvateli jsou vačnatci. Původní australská zvířena je svědectvím dávného odloučení tohoto kontinentu od ostatních pevnin, které trvá již od druhohor. Přežívají zde staré, primitivní, jinde již vyhynulé druhy. Proto se Austrálii říká „země žijících fosilií".

Koala je pomalý stromový vačnatec živící se pouze listy blahovičníku. V domorodém jazyce „koala" znamená „ zvíře, které nepije".

Klokani spásají trávu a dokážou přežít dlouhá období sucha.



Kakadu růžový tvoří velká hejna shromažďující se u napajedel. Kakaduové se živí kořínky a hlízami trav.

Vombat je uzpůsobený k hrabání. Má krátké silné nohy s drápy a mohutné řezáky. Je zcela býložravý.

Andulky patří mezi zrnožravé papoušky. Imponující výraz doprovázejí samečkové andulek mocným hlasovým projevem.

Divoký pes dingo byl do Austrálie přivezen cca před 7000 lety původními obyvateli. Živí se vačnatci, ptáky i plazy, napadá i ovce.

Největším nebezpečím pro zvířata jsou v australských savanových lesích časté rozsáhlé požáry.

LESY MÍRNÉHO PÁSMA

mají příhodné teplotní podmínky, rovnoměrně rozložené srážky a poměrně vysokou vzdušnou vlhkost. Je v nich dobře vyvinuté keřové, bylinné a mechové patro. Jsou velmi rozmanité. Zahrnují opadavé listnaté lesy, stále zelené jehličnaté lesy, smíšené lesy a dokonce deštné lesy. V mírných pásmech, kde se střídají roční období a kde je dostatek dešťových srážek, převládají opadavé listnaté stromy *(duby, buky, habry, javory, a další)*. V rozsáhlých územích jsou tyto původní porosty hospodářskou činností člověka nahrazeny produkčními jehličnany. Směrem k vyšším zeměpisným šířkám začínají jehličnany převažovat nad listnatými stromy. Převažují smrky, jedle, borovice a modříny. Lesy mírného pásma jsou druhově velmi bohaté. Počtem druhů se však zdaleka nevyrovnají tropickým deštným lesům.

Listnatý les

Liška obecná je rozšířena na obrovském území. Vytváří mnoho odlišných forem. Je to soumračné a noční zvíře. Žije samotářsky.

Plch velký je soumračné a noční zvíře. Obratně šplhá. Živí se žaludy, bukvicemi, oříšky. Zimní měsíce přečkává v zimním spánku trvajícím až 8 měsíců.

Veverka obecná obývá lesy od nížin až do hor. Mláďata rodí vícekrát za rok. První často už v únoru.

Jestřáb loví kořist ze zálohy i vzdušnou štvanicí. Má stále hnízdní stanoviště.

Prase divoké žije v rodinných tlupách. Je všežravec. Pojídá žaludy, bukvice, polní plodiny, hmyz, bezobratlé i hlodavce a jejich mláďata.

Jezevec lesní obývá listnaté a smíšené lesy. Objevuje se i v zahradách a velkých parcích. Je aktivní v noci.

LESY MÍRNÉHO PÁSMA

Myšice lesní má dlouhé zadní nohy a velké ušní boltce. Výborně skáče a má výborný sluch. Vyskytuje se až do výše 2000 m n. m. Živí se semeny a hmyzem.

Smíšený les

Sojka obecná obývá smíšené i jehličnaté lesy. Je ostražitá a vydává velmi hlasitý varovný pokřik. Naše sojky jsou stálé, severní tažné.

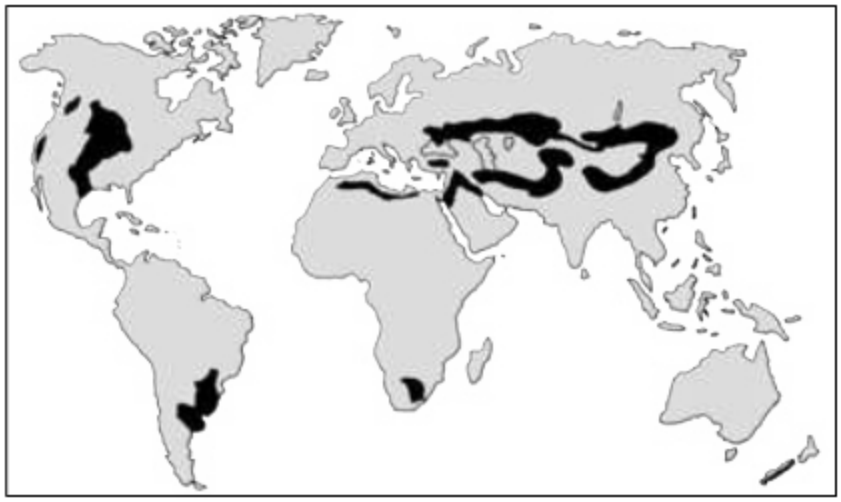
Křivka obecná má zobák tak uzpůsobený k vybírání semínek ze šišek, že může žít jen v jehličnatých lesích.

Kalous ušatý je středně velká sova. Obývá souvislé lesy i roztroušené lesíky a větší parky. Živí se výhradně hlodavci.

Rys ostrovid byl kdysi rozšířen v jehličnatých lesích po celé Evropě. Díky přísné ochraně se zachoval na několika místech. Vyskytuje se ve Španělsku, Skandinávii, na Balkáně i v Rusku. Je to ostražité, hbité zvíře, lovící kořist ze zálohy.

Jelen lesní je mimořádně přizpůsobivé zvíře. Jeho populace se liší velikostí i stavbou parohů.

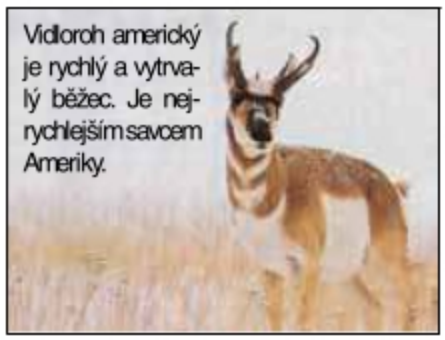
STEPI MÍRNÉHO PÁSMA



Severoamerické *prérie*, eurasijské *stepi*, jihoafrické *veldy* či jihoamerické *pampy* jsou rozsáhlé bylinné ekosystémy mírných klimatických zón, jejichž nízké srážky nestačí k udržení lesa. Podobně jako na savanách i zde jsou časté požáry, přispívající k obnovení přirozené sukcese. Z živočichů převládají norující hlodavci. Velcí savci se sdružují do stád, která sezónně migrují. Predátoři jsou zastoupeni psovitými šelmami, sokolovitými a krahujcovitými dravci.

Bizoni tvořili ještě na počátku 19. století ohromná stáda popásající se na rozhlehlých prériích Severní Ameriky. Na počátku 20. století byli téměř vyhubeni. Dnešní populace žijí v rezervacích a jejich počet se odhaduje na cca 100 000 kusů.

Frček má dlouhý ocas, který mu slouží jako zásobárna tuku, podobně jako velbloudovi hrb. Má i obrannou funkci. Chytí-li frčka za ocas dravec, kůže se v jednom místě přetrhne a svlékne z kostry. Útočníkovi zůstane jen chlupatá štětka a frček unikne do nory.



Vidloroh americký je rychlý a vytrvalý běžec. Je nejrychlejším savcem Ameriky.

Sysel je typický stepní hlodavec. Živí se bylinami a semeny trav. Všechny druhy syslů žijí v norách, obyčejně pospolitě.

Drop velký hnízdí v kavylových a jiných travnatých stepích na východní polokouli. Je to velký pták dosahující hmotnosti až 16 kg.

Sajga tatarská má nos prodloužený v jakýsi chobot, který jí v prašných stepích pomáhá oddělovat mechanické nečistoty a v zimě slouží k předehřívání mrazivého vzduchu.

Kůň Převalského byl znovu reintrodukován do volné přírody. Tito koně opět osidlují džungarské a zaaltajské stepi.

TAJGA

Medvěd hnědý je mohutná šelma. Jednotlivé geografické formy tohoto druhu dosahují hmotnosti od 150 kg po 950 kg. Mezi největší formy patří medvěd Kodiak. Zimu přečkávají medvědi v brlozích, kde odpočívají 4–6 měsíců. V této době rodí samice mláďata.

(jehličnatý severský les), je biom s převládajícími nízkými teplotami. Vůdčími dřevinami jsou zde smrk, borovice, modřín, z listnáčů břízy a vrby. Keřové patro je vyvinuto slabě. V bylinném patře jsou rozsáhlé porosty mechů a lišejníků. Oblasti tajgy jsou protkány řekami a jsou zde četná ledovcová jezera. Z býložravců jsou zastoupeni losi, sobi, zajíci a drobní hlodavci, v Severní Americe je hojný bobr. Rozšířeni jsou stromoví zmožraví ptáci. Z predátorů jsou zastoupeni medvědi, vlci, lišky, rosomáci, soboli, z dravců orli a jestřábi.

Vlk obývá okraje lesů. V zimě se spojuje ve smečky a loví i v lese. Dovede strhnout soba i losa.

Los je největší zástupce jelenovitých. Vysoké chůdovité nohy mu umožňují pohyb ve vysoké vrstvě sněhu i ve vodě bažin. Přečnívající horní pysk mu umožňuje okusovat listí z větví až do výše 3 m, v zimě až do výše 4 m.

Tetřev hlušec je typický pták tajgy. Požírá lesní plody, semena, hmyz. Hnízdí na zemi. Jakmile napadne sníh, živí se jehličím borovice, limby, jalovcem. Rozmělňovat tuto hrubou potravu mu napomáhají kaménky ve svalnatém žaludku.

Kuna lesní je spíše evropský druh a nevyskytuje se na východ od řeky Ob. Na Sibiři zaujímá její ekologickou niku asijský sobol.

Urzon je svým výskytem omezen na jehličnaté lesy Kanady a Aljašky. Silné drápy mu umožňují šplhání. Požírá listí a kůru. Za týden dovede zničit jeden celý strom. Jeho účinnou obranou jsou ostny opatřené zpětnými háčky. Dovede se ubránit i rosomákovi.

TUNDRA

je oblast ležící mezi 60. a 70. stupněm severní šířky. Začíná zhruba tam, kde průměrná teplota nejteplejšího měsíce v roce dosahuje 10 °C. Život v tundře výrazně ovlivňují dva faktory: chlad a tma. Půdní podloží je trvale zmrzlé. V krátkém polárním létě roztaje jen povrchová vrstva půdy o hloubce 0,08 až 3 m, tzv. **aktivní pásmo**. Na půdě tohoto aktivního pásma je závislá existence všech rostlin a živočichů. Tato vrstva je silně zvodněná, protože hlouběji zmrzlá půda *(perma – frost)* nemůže tající vodu pojmout. V jižní části tundry bývá rostlinný pokryv souvislý. Tvoří ho zakrslé břízy a vrby, vřesovcovité rostliny, mechy, trávy, lišejníky a vysoce specializované kvetoucí byliny. Vzhledem k nepříznivým podmínkám je druhové složení živočichů překvapivě bohaté, od drobných hlodavců *(sysel, hraboš, lumík)* až po velké savce *(sob, pižmoň, vlk, liška, rosomák)*. Druhým faktorem ovlivňujícím život v tundře je tma. U polárního kruhu slunce při zimním slunovratu nevystoupí nad obzor. Ve většině tundry nesvítí slunce po několik měsíců v roce. To je vykompenzováno nepřetržitým svitem v létě. Rostliny a živočichové musí v tomto krátkém období uskutečnit většinu svých životních aktivit.

Pižmoni obývají tundru a polární oblasti Kanady a Grónska. K životu ve velkých mrazech jsou přizpůsobeni i stavbou svého těla. Dlouhá a hustá srst jim pomáhá udržovat tělesnou teplotu.

Zajíc měnivý mění srst na jaře a na podzim. Na podzim zajíci vyrostou na chodidlech silné polštářky z chlupů, tzv. „zaječí sněžnice“, které mu umožňují rychlý pohyb na měkkém sněhu.

Lumík je hlavní potravou sovice sněžné a polární lišky. Samička lumíka je schopna rodit každé čtyři týdny pět až osm mláďat. V příznivých podmínkách potom snadno dochází k přemnožení lumíků.

Společníkem člověka na dalekém severu je od nepaměti sob. Stádový instinkt sobů usnadnil jejich domestikaci. Domestikace dosáhla různé úrovně. Od jednotlivých zvířat chovaných ve stájích a výběžích až po obrovská stáda chovaná polodivokým způsobem. V Severní Americe dosud migrují obrovská stáda divokých sobů – karibu mezi tundrou a tajgou za potravou.

Polární liška má nejteplejší kožich, který jí umožňuje přežít kruté mrazy. Dlouhé zimní období by však nepřežila, kdyby si část svých úlovků nezahrabávala a netvořila si zásoby.

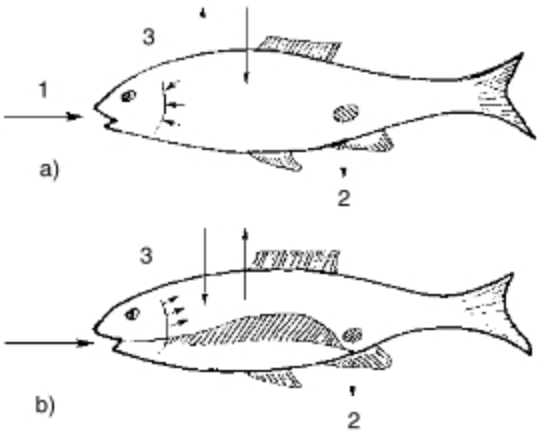
ROZŠÍŘENÍ ŽIVOČICHŮ

Biosféra je tvořena živými organismy, které obývají zemský povrch, svrchní vrstvy půdy, jeskyně, podpovrchové vody, moře do největších hloubek *(výjimkou je Černé moře, u jehož dna vytvářejí sirovodíkové bakterie pásmo bez kyslíku)* a nejnižší vrstvy atmosféry *(obvykle asi do 5 km /havran, kondor/, ojediněle až do výšky asi 10 km, např. vzdušný plankton – hlavně hmyz).*

Vědci rozdělují biosféru na tři rozsáhlé celky, zvané **biocykly** *(sladkovodní, mořský a pevninský).* V každém z těchto biocyklů jsou výrazně odlišné životní podmínky.

Sladkovodní biocyklus má z hlediska evoluce zásadní význam jako výchozí prostředí pro vznik obratlovců. Má sice proměnlivou, avšak poměrně málo oscilující teplotu. Skutečnost, že největší hustotu má voda při teplotě +4 °C, umožňuje vodním organizmům přežívat i klimatické období s mimořádně nízkou teplotou vzduchu. Rovněž povrchová vrstva ledu brání promrzání hlubších vrstev vody. Na teplotě je nepřímo závislý obsah kyslíku ve vodě *(vodní živočichové dýchají převážně žábrami, jsou tedy na obsahu kyslíku ve vodě existenčně závislí).* Obsah kyslíku bývá v rozmezí 0,5–11 ml v litru vody *(z běžně známých druhů ryb je na obsah kyslíku ve vodě nejméně náročný karas a lín, naopak nejvyšší nároky má pstruh a střevle).* Obsah solí ve sladkovodním prostředí je pod 0,5 %. Pro existenci živočichů ve sladkovodním prostředí má tedy zcela zásadní význam aktivní regulace obsahu solí v těle *(osmoregulace).*

Živočichové sladkovodního biocyklu mohou periodicky pronikat do mořské vody *(tahy ryb).* Na sladkovodní prostředí je naproti tomu ekologicky vázáno velké množství suchozemských obratlovců.



Osmoregulace u sladkovodní (a) **a mořské ryby** (b)
1 – příjem vody, 2 – vylučování vody, 3 – zadržování nebo vylučování solí

Mořský biocyklus zaujímá rozsáhlou část zemského povrchu *(asi 70 %)* a žije v něm přibližně 200 tisíc známých druhů živočichů. Má tedy velkou rozlohu, umožňující souvislé rozšíření organizmů. Překážkou jejich šíření může být pouze výrazně rozdílná teplota vody v mořských proudech, s hloubkou se stupňující tlak a také slanost *(salinita)* vody *(průměrná hodnota slanosti mořské vody je 3,5 %).* Mořští bezobratlí žili vždy v moři. Obsah solí jejich těla má stejnou hodnotu jako mořská voda *(izotonický).* Naproti tomu u obratlovců, kteří do moře přešli teprve druhotně z prostředí sladkovodního, je obsah soli v krvi vůči mořské vodě nižší *(hypotonický).* Mají tedy vyvinuty různé systémy pro vylučování nadbytečné soli. Kromě ledvin se na něm např. u kostnatých ryb podílejí žábry, paryby tvoří hypertonické prostředí vlastní krve zadržováním močoviny, mořští ptáci vylučují nadbytečné soli zvláštními, tzv. solnými žlázami.

Zvláštním typem přechodného prostředí mezi biocyklem mořským a sladkovodním jsou **brakické vody**. Je tvořeno polouzavřenými vodními masami při pobřeží, v nichž je mořská voda zřeďována sladkou vodou ústících řek. Toto prostředí nemá vlastní typickou faunu. Díky osmoregulační přizpůsobivosti však do něho pronikají jak živočichové typicky mořští, tak sladkovodní. Prostředí brakických vod je tak stěžejním zdrojem mořského rybolovu.

Pevninský biocyklus *(souš)* se vyznačuje mimořádnou proměnlivostí ekologických prvků. Jeho mezním ekologickým faktorem je zejména nízká vlhkost *(obsah vody v organizmech je vzhledem k okolnímu vzduchu značně vyšší).* Poměrně nejstabilnějším prostředím pevninského biocyklu je prostředí půdní. Nízká hustota vzduchu *(770krát nižší než hustota vody)* umožňuje jeho rychlé proudění, takže v přirozených podmínkách takřka nikde nedochází k nedostatku kyslíku. Z obratlovců mají v pevninském biocyklu příležitost k nejlepšímu uplatnění druhy se stálou teplotou vnitřního prostředí *(homoiotermní).* Tím je vysvětlena i skutečnost, že ve všech pevninských biomech převládají ptáci a savci.

Dodejme, že některé druhy živočichů mají schopnost žít v biocyklu mořském i sladkovodním *(lososi, úhoři),* příp. ve sladkovodním a suchozemském *(larvy vážek ve vodě, dospělci na souši).* Méně závislé na ekologických podmínkách biocyklů jsou druhy cizopasné, pro jejichž rozšíření má rozhodující význam spíše hostitelský organismus.

Pevninský biocyklus je podle makroklimatu, geologického podkladu a jim odpovídajícímu typu vegetace členěn na 8 rozsáhlých rovnovážných ekologických systémů, zvaných **biomy**.

1. **Tundra** je charakterizována velmi nízkými teplotami, živinami chudou, téměř nerozmrzající půdou a krátkým vegetačním obdobím.Ve vegetačním po-

kryvu převládají arktické traviny, zakrslé křoviny a tundrová rašeliniště. Primárními konzumenty jsou zde severští hraboši *(lumíci)* jako zdroj potravy pro šelmy, dravce a sovy. V místech sousedících s mořem jsou potravním zdrojem tundrových predátorů živočichové mořští. Rozsáhlé lišejníkové porosty jsou spásány stády sobů, kteří jsou v oblastech vzdálenějších od pobřeží prakticky jediným zdrojem bílkovin člověka *(např. Laponsko).* Obdobou arktické tundry je v mírném pásmu „tundra vysokohorská", zahrnující ekosystémy horských oblastí nad hranicí souvislého rozšíření lesa *(nad 1400 m n. m.).*

2. **Tajga** *(jehličnatý severský les)* lemuje jižní okraj tundry na euroasijském kontinentu a v Severní Americe. Jednotnost tohoto biomu je určena převládajícími nízkými teplotami.Vůdčími dřevinami jsou zde smrky a borovice, příp. modřín, z listnáčů vrby a břízy. Keřové patro je vyvinuto slabě. V bylinném patře jsou souvislé porosty mechů a bažinných rostlin. Žije zde mnoho druhů drobných zemních savců a stromové ptačí druhy, živící se převážně semeny jehličnanů. Na místní výskyt listnatých dřevin jsou potravně vázáni losi, zajíci, bobři a tetřívci. V horách střední Evropy odpovídá tajze smrkový vegetační stupeň po hranici souvislých porostů kleče, tj. v nadmořské výšce 900–1300 m n. m.

3. **Opadavé listnaté lesy** mají už příhodnější teplotní podmínky, rovnoměrně rozložené srážky a poměrně vysokou vzdušnou vlhkost. Jsou typické velmi dobře vyvinutým keřovým a bylinným patrem. Kromě stromových ptáků zde žijí ptačí druhy vázané na zemský povrch, četní jsou šplhaví savci *(veverky, plši)* a netopýři. Běžně zde žijí i obojživelníci a plazi a četné druhy velkých savců *(zubr, los, srnčí, jelení a černá zvěř, z šelem medvěd, liška, vlk, rys, kočka divoká a jezevec).* Vzhledem k hospodářskému využívání těchto lesů jako zdroje dřeva nacházejí se přírodní lesy tohoto typu již jen v přírodních rezervacích.

4. **Vždy zelený subtropický a tropický les** *(např. akáciové lesy v Africe, středomořská macchie, australské eukalyptové lesy, kalifornský chaparral, středoamerický hammock či vždy zelené lesy Japonska*) se rozkládají v oblastech s vyšší teplotou a nevýraznými rozdíly mezi zimou a létem, s vydatnými, avšak nerovnoměrně rozloženými srážkami *(obvykle v zimě, takže léto bývá suché).* Časté lesní požáry tlumí rozvoj lesa ve prospěch křovin, jež obývá druhově pestré živočišstvo *(převážně ptactvo, střední a malé druhy savců /veverky, plši, příp. vačnatci/ a stromové druhy plazů).*

5. **Step** *(travnaté společenstvo mírného pásma)* zahrnuje rozsáhlé bylinné ekosystémy teplé – horké klimatické zóny, jejichž nízké srážky nestačí k udržení lesa, které jsou však vysoké natolik, aby nevznikla poušť. Převládají v nich norující hlodavci *(křečci, hraboši, pískomilové, sysli).* Řada druhů přečkává vedra letním spánkem. Velcí savci se zde sdružují do stád, která sezonně migrují *(např. severoameričtí bizoni, koně a osli v Asii, lamy v Jižní Americe nebo klokani v Austrálii).* Z predátorů zde žijí hlavně psovité šelmy, sokolovití a krahujcovití dravci.

6. **Savany** jsou tropická travnatá společenstva s roztroušenými skupinami stromů. Mají vyšší srážky než step. Jejich nerovnoměrné rozložení však vytváří dlouhá období sucha, v nichž dochází často k požárům *(spontánní požáry přispívají z ekologického hlediska k obnovení přirozené sukcese).* I přes značnou produkci biomasy je spektrum zde žijících živočišných druhů chudší, avšak početnost populací v rámci druhů je značná. Z afrických savan *(např. rezervace Serengeti)* jsou známa početná stáda antilop, zeber, žiraf, slonů a nosorožců, jimž odpovídá i druhová skladba predátorů *(lvi, psovité šelmy, gepardi, hyeny).*

7. **Pouště** zaujímají v horkém suchém pásmu subtropů rozsáhlá území, v nichž úhrnné roční srážky nedosahují 250 mm ročně. Jsou buď kamenité, nebo písčité. V příhodných místech je řídký vegetační pokryv tvořen jednoletými bylinami, víceletými sukulenty a nízkými křovinami *(produkce biomasy je v pouštích nejnižší z celé biosféry).* Prosazují se zde živočišné druhy s neprostupným tělním pokryvem *(plazi)* či úsporným vodním metabolizmem *(ptáci).* Ze savců dokážou denní pouštní vedra přežít v norách s příznivějším mikroklimatem pouštní hlodavci *(tarbíci, pískomilové a v Americe pytlouši).*

8. **Tropický deštný prales** je opakem pouštního biomu. Vysoká, téměř nezřetelně kolísající teplota a bohaté srážky *(přes 2000 mm ročně)* jsou předpokladem rozmanitosti a hustoty vegetačního krytu s nejvyšší produkcí biomasy. Charakteristickou patrovitost tvoří kromě bylinného a keřového patra i tři patra stromová. Druhově nejbohatší je nejvyšší stromové patro *(stromoví plodožraví ptáci, stromoví plazi i žáby, opice, kolibříci, lenochodi, netopýři a kaloni).* Pro tropický deštný prales je typický velký počet vzájemně si konkurujících druhů, které mají nízkou populační hustotu.

AREÁLY VÝSKYTU ŽIVOČIŠNÝCH DRUHŮ

V tomto smyslu chápeme areál jako území vyhovující ekologickým nárokům příslušného druhu organismu. Jeho velikost je limitována ekologickou valencí druhu a jeho schopností se rozšiřovat. Areál rozšíření druhu nebývá stejnorodý. V místech optimálních ekologických podmínek bývá pak četnost jedinců vyšší. Směrem k okraji areálu, kde bývají podmínky méně příznivé, bývá i četnost jedinců nižší. Jednotlivá místa, která v rámci areálu výsky-

tu splňují tyto ekologické nároky, označujeme jako **stanoviště** a místa, na nichž byl výskyt druhu konkrétně prokázán, nazýváme **naleziště** *(lokalita)*. Pohyblivé druhy *(zejména ptáci)* se často vyskytují i mimo areál svého výskytu *(kupř. někteří pobřežní ptáci ve vnitrozemí)*.

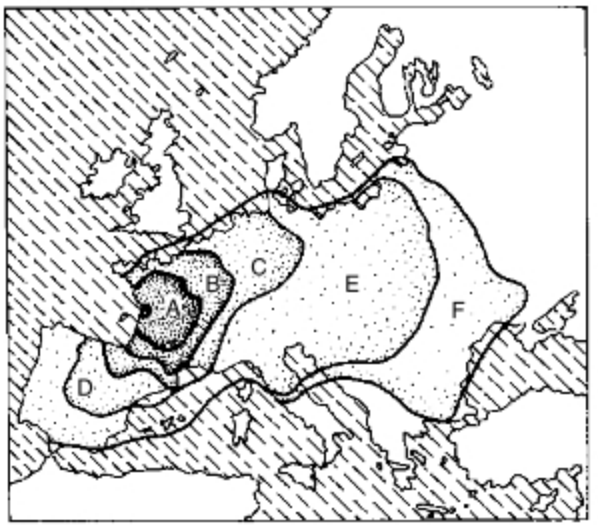
Mimořádný význam pro utváření areálů na severní polokouli mělo čtvrtohorní zalednění. Řada původních druhů v důsledku výrazného ochlazení podnebí vyhynula. Jiné byly zatlačeny do nejjižnějších oblastí s ještě vyhovujícími ekologickými podmínkami – **refugií**. Ústup ledovce na sever naopak způsobil rozpad souvislých areálů některých živočišných druhů, které dnes přežívají v izolovaných populacích evropských velehor, např. **autochtonní populace** kamzíků, bělokur rousný. Areály jejich výskytu označujeme jako boreo-alpinské a druhy samotné jako **glaciální relikty**.

Druhy s rozsáhlým areálem výskytu se v jeho různých částech přizpůsobují místním podmínkám. Toto přizpůsobení bývá zakotveno i dědičně. Vzniká tak **ekotyp** příslušného druhu.

Na velikost areálu příslušného druhu organismu má vliv i jeho schopnost se aktivně *(např. ptáci letem)* nebo pasivně rozšiřovat *(např. větrnými proudy se pasivně šíří encystovaná stadia prvoků, gemule hub jsou přenášeny na peří vodního ptactva, larvální stadia úhořů jsou unášena Golfským proudem)* tzv. – **vagilita**. Pasivně jsou svými hostiteli šířeni cizopasníci.

Živočišné druhy, které zaujímají celosvětově rozlohu celého biocyklu, se nazývají **kosmopolitní** *(vrabec, myš, blecha)*. Rozlehlá území několika světadílů tvoří areály **cirkumpolární** *(polární liška v Arktidě, tučňáci v Antarktidě)*, příp. **cirkumtropické** *(bahníci)*. Protikladem těchto rozsáhlých areálů jsou **mikroareály** *(fauna Galapážského souostroví či Viktoriina jezera)*.

Areál bizona amerického se v důsledku bezohledného pronásledování člověkem výrazně zmenšil.
Z původního rozšíření *(do roku 1730 – tečkovaně)* na ojedinělý výskyt v rezervacích *(černě – stav z 60. let našeho století)*

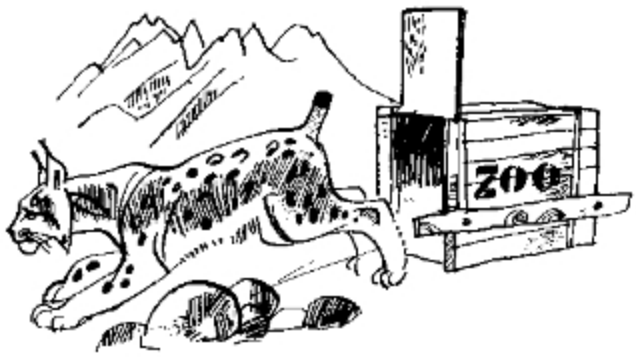


Zvětšování areálu mandelinky bramborové z původního místa zavlečení *(přístav Bordeaux v roce 1915)*.
V polovině 50. let již rozšířena v celé střední Evropě
A *(1933)*, B *(1935)*, C *(1939)*, D *(1944)*, E *(1955)*, F *(1960)*

Areály rozšíření živočichů prodělávají určitý vývoj. Mnohou se zvětšovat, ale i zanikat, případně rozdrobit. Příkladem takového roztržení původního areálu – **disjunkce**, zahrnujícího dříve větší část severoamerického kontinentu, je dnešní areál rozšíření bizona. Řada živočišných druhů již byla neodpovědnou činností člověka vyhubena *(např. v Čechách medvěd, bobr, vlk)*. Jejich areál tedy vymizel.

Opačným příkladem úspěšně se šířícího druhu je již popisované šíření hrdličky zahradní, ondatry pižmové a klíněnky jírovcové *(str. 232)*.

Příkladem promyšleného úsilí člověka je **reintrodukce** druhu, tj. vysazení do původního areálu, v němž byl druh v minulosti vyhuben. Např. karpatští rysi z odchovu v ostravské zoo na Šumavě. Většinou však člověk přispěl k rozšíření druhu jeho neúmyslným zavlečením, *(mandelinka bramborová)* nebo neschopností domyslet možné ekologické důsledky zdánlivě prospěšného vysazení *(např. koz na neobydlených ostrovech v dobré víře zabezpečit obživu případným trosečníkům, vysazení králíků v Austrálii atp.)*.



Retroindukce
Vysazování ohrožených druhů zpět do volné přírody v místech, kde byly původně vyhubeny.

ZOOGEOGRAFICKÉ OBLASTI

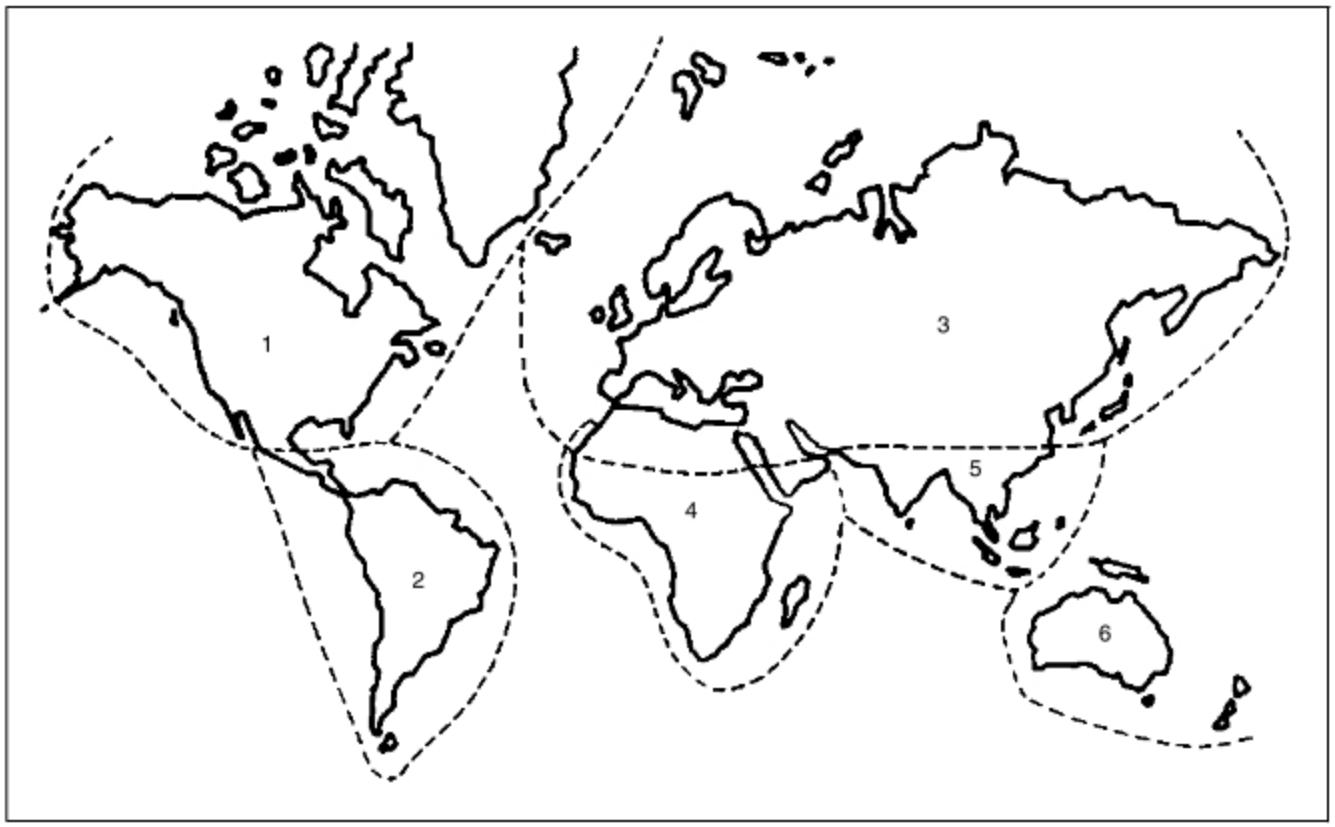
Na základě rozšíření endemických druhů ***(endemit** je organismus vyskytující se výhradně v určitém místě)* obratlovců a hmyzu rozlišují zoologové v pevninském biocyklu 6 zoogeografických oblastí *(v podstatě se překrývají s oblastmi fytogeografickými) (str. 69).*

1. **Palearktická oblast** *(téměř 40 % souše)* zahrnuje Evropu, Asii po Himálaje a severní Afriku. Má 4 podoblasti *(Eurosibiřskou, do níž patří i naše republika, Mediterránní, Středoasijskou a Východopalearktickou).* Skladba fauny této oblasti byla ovlivněna čtvrtohorním zaledněním *(vyhynul např. mamut, nevyskytují se zde endemické druhy obratlovců).* Důsledkem zalednění jsou i ptačí tahy. Ve středoevropské fauně je tak značná druhová pestrost, daná pronikáním druhů teplobytných z Panonské nížiny i chladnobytných druhů severských. Literatura zde uvádí 40 tisíc druhů bezobratlých a přes 400 druhů obratlovců.

2. **Nearktická oblast** *(15 % souše)* zahrnuje severoamerický kontinent na sever od Mexika a Grónsko. Má mírné až severské podnebí, většinou je tvořena smíšenými nebo listnatými lesy, příp. bezlesými prériemi. Druhová pestrost se směrem k severu snižuje. Pevninskou šíjí v místě dnešní Behringovy úžiny se sem asi před 30 000 lety dostal z palearktické oblasti sob, vlk, rosomák, ale i člověk. Z neotropické fauny sem zasahují vačice a kolibříci. Endemitem této oblasti je krocan. Díky propojení cirkumpolárními areály *(medvěd lední, liška polární, druhy ostnoploutvých ryb)* jsou obě výše uvedené oblasti spolu označovány jako říše **Holarktická**.

3. **Neotropická oblast** *(15 % souše)* zahrnuje v podstatě Ameriku na jih od Mexika. Patří sem amazonské deštné pralesy, ale i savany a polopouště ve srážkovém stínu And, Antily, Bahamy, Galapagy. Patagonie na jižní výspě kontinentu má klima i živočišné druhy typické pro Antarktidu *(tučňáci).* Fauna této oblasti je mimořádně bohatá. V důsledku izolace ve třetihorách se vyvíjela samostatně. Tímto je vysvětleno i velké množství endemických druhů ptáků *(téměř každý třetí druh)* i savců *(vačice, mravenečník, lenochod, pásovec, morčata, nutrie, upíři, kosmani, malpy).* Některé druhy pronikají na sever do Nearktické oblasti *(vačice, kolibříci).*

4. **Etiopská oblast** *(asi 17 % souše)* se rozkládá v Africe na jih od Sahary, tedy jižně od obratníku Raka, v jižní oblasti Arabského poloostrova. Jsou zde zastoupeny biomy tropických deštných pralesů a savany. Typickými endemickými druhy etiopské oblasti jsou hrabáči *(potomci vymřelých prakopytníků),* damani, žirafy, hroši a hadilovové. Z hlediska vědy jsou zcela unikátní ryby této oblasti *(téměř 200 endemických druhů).* Z indomalajské oblasti sem pronikly antilopy a velké kočkovité šelmy, poloopice, lidoopi, sloni a nosorožci. Zvláštní zoogeografic-



Zoogeografické oblasti
1 – nearktická, 2 – neotropická, 3 – palearktická, 4 – etiopská, 5 – orientální, 6 – australská

ké postavení má Madagaskar, jehož fauna má vztahy k Indomalajské oblasti *(poloopice)*. Žijí zde endemičtí bodlíni, poloopice a cibetky. Naopak pro africký kontinent charakterističtí pštrosi a hroši se zde nevyskytují. Etiopská a Indomalajská oblast bývají společně označovány jako říše **Paleotropická**.

5. **Indomalajská oblast** *(též orientální, zaujímá zhruba 8 % souše)* se rozkládá v jihovýchodní Asii na jih od Himálají, tj. Indie, Filipíny, Borneo a Jáva. Převážně je tvořena biomem tropického deštného pralesa. Z endemických druhů sem patří letuchy, tany a giboni. Kromě popsaných vztahů k fauně oblasti Etiopské pronikají sem na východě území, kde nebrání vysoká horstva, četné druhy jelenů a medvědů z Palearktické oblasti.

6. **Australská oblast** *(asi 7 % souše)* zahrnuje Austrálii, Nový Zéland, Oceánii, část Sundského souostroví a Havajské souostroví. Částečně leží v tropech, zčásti v mírném pásmu a nacházejí se v ní i pouště. Vzhledem k časnému oddělení této oblasti od ostatní souvislé pevniny zde došlo k charakteristickému rozvoji vačnatců. Endemity této oblasti jsou klokani, ježura a ptakopysk, některé druhy papoušků, kasuáři a emuové. Kromě bahníka australského zde nejsou původní druhy ryb. Poněkud odlišnou skladbu fauny má Nový Zéland *(původní savci ani hadi zde nežijí)* s typickými endemity haterií novozélandskou a ptáky kivi.

EKOLOGIE ROZMNOŽOVÁNÍ

Rozmnožování je nezbytnou podmínkou pro přežití každého organismu jako druhu. Z ekologického hlediska má význam počet oplozených vajec, prostředí ontogeneze, vztahy ontogenetických stadií k prostředí a úmrtnost během ontogeneze.

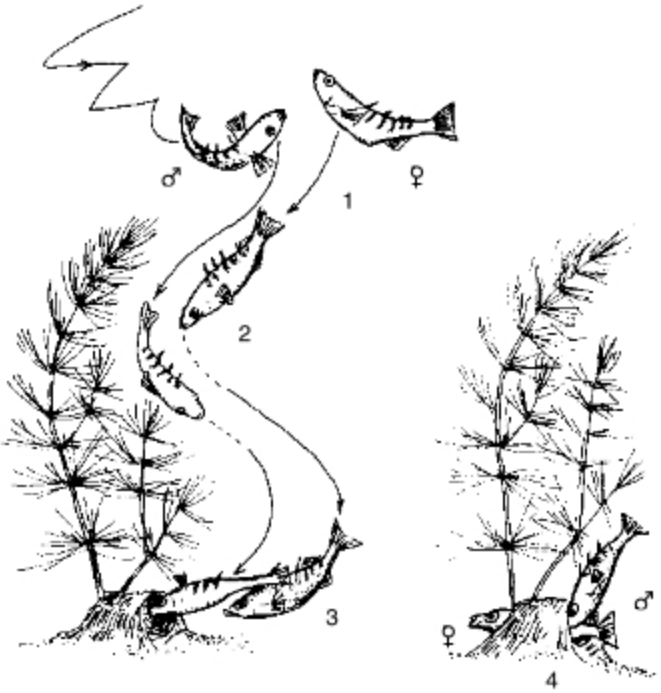
U bezobratlých a nižších strunatců *(kruhoústí, ryby a bezocasí obojživelníci)* kladou samice velká množství vajec. Tato nadprodukce zvyšuje pravděpodobnost přežití alespoň části snůšky do reprodukčního věku. Snížení počtu kladených vajec umožňuje vnitřní oplození *(paryby)*, případně živorodost *(paví očko)*. Rovněž péče o potomstvo, pozorovaná u některých druhů ryb a obojživelníků *(např. pipa americká)* zvyšuje pravděpodobnost přežití mláďat a umožňuje tak efektivitu rozmnožování.

U plazů, ptáků a savců dochází k vnitřnímu oplození. Jejich zárodky se nikdy nevyvíjejí ve vodním prostředí a stadium larvy vždy chybí. Kromě želv a krokodýlů je počet vajec, snášených samicí, malý.

Zárodečný vývoj plazů probíhá v půdě, která je stálejším prostředím než vzduch. Současně vejce kryje před přirozenými nepřáteli. Půda však nemůže nahradit pro vývoj zárodku nezbytné vlastnosti vodního prostředí. Dochází tedy k funkčnímu zdokonalení vaječných obalů *(str. 156)*. Jiným směrem zdokonalení rozmnožování plazů je tendence k živorodosti.

Péče o mláďata
Volavka popelavá na hnízdě s mláďaty

Péče o mláďata
Bělozubky *(rejskové)* vytvářejí při přesunech mláďat do bezpečí typické karavany. Mládě se zakousne do srsti při kořeni ocasu matky a podobně se drží vždy následující mládě svého sourozence vpředu.



Klasickým modelovým organizmem pro ekologicko-etologická pozorování je koljuška tříostná. Samička má velké, jikrami naplněné bříško. Sameček *(se sytě červeně vybarveným bříškem)* láká samičku svou pohybovou aktivitou k hnízdu, které nanosil z částí vodních rostlin (1–3). Vlastním tělem v něm vyvrtá tunýlek. Když do něj samička vleze, začne ji doteky jejího pohlavního otvoru nutit ke snesení jiker (4).

Péče o mláďata je vyvinuta u ptáků, kteří snůšku vajec zahřívají teplem vlastního těla a vylíhlá mláďata buď krmí, nebo je alespoň vodí do prostředí, kde mohou potravu získat. Ptačímu rozmnožování je ekologicky podobné rozmnožování vejcorodých savců. Jejich samice mláďata navíc kojí.

Nejdokonalejší způsob rozmnožování mají savci, jejichž zárodky nepřicházejí do přímého styku s prostředím. Zárodek se vyvíjí v těle matky buď zčásti *(vačnatci),* nebo zcela *(placentálové).* Matka mládě vyživuje svým mlékem. Savci podobně jako ptáci aktivně upravují prostředí pro vývoj svých mláďat, zahřívají je, chrání a ovlivňují jejich chování i učením nutných dovedností *(šelmy, primáti).*

POHYB OBRATLOVCŮ

Velmi účinná látková výměna obratlovců umožňuje jejich mimořádnou pohyblivost. Z hlediska vývoje rozlišujeme čtyři základní typy pohybu z místa na místo *(lokomoce)*:

1. Nejpůvodnější způsob pohybu obratlovců je **vlnění těla**. Uplatňuje se ve vodním prostředí. Kopinatec, mihule a úhoř se vlní celým tělem. Zdrojem pohybu vpřed u paryb a ryb je ocasní část jejich kapkovitého těla. Párové ploutve slouží hlavně jako stabilizátor polohy těla a k změnám směru pohybu. Vzhledem k tomu, že paryby nemají plynový měchýř, musí se pohybovat neustále *(odpočívají na dně mělčin).* Rejnoci se vlní shora dolů. Ocasní část těla chimér je bičovitě protažená. Zdrojem jejich pohybu jsou tedy současně zabírající veslovací prsní ploutve. Zdrojem pohybu „létajících" ryb je rovněž ocasní ploutev, která rybu „vystřelí" rychlostí až 72 km v hodině do vzduchu, kde se pak pohybují klouzavým letem svých široce rozšířených hrudních ploutví.

Ocasatí obojživelníci mají obdobnou techniku pohybu jako ryby. Při rychlejším pohybu jsou nohy čolků přitisknuty k bokům a splývají podél těla. Při pohybu na souši se rovněž vlní, přičemž tělo je nohama zdviženo nad podklad a ocas táhnou za sebou. Takto se patrně pohybovali i první obratlovci, kteří přišli na souš.

Vlnění se uplatňuje také při pohybu plazů. Savci, kteří přešli zpět do vodního prostředí *(kytovci, sirény, tuleni),* vlní ocasem nebo zadními končetinami vždy ve směru shora dolů.

2. Druhým typem pohybu ve vodním prostředí je **veslování**. Užívají ho obratlovci neschopní vlnění. Žáby např. „skáčou" ve vodě současnými údery obou zadních nohou, opatřených plovací blánou. Mořské želvy *(karety, kožnatky)* synchronizovaně mávají předními i zadními ploutovitými nohama. Pohyb vodou usnadňuje tvar jejich krunýře, který má profil křídla letadla. Veslovitě pohybují nohama při plavání i ptáci a savci. Většina savců, bez ohledu na vlastní vztah k vodnímu prostředí, dokáže alespoň krátkou dobu plavat hrabavými pohyby.

3. Při pohybu na souši se více uplatňují párové končetiny. U plazů nohy tělo podpírají a posunují vpřed. Jsou postaveny jako soustava pák. Při odpočinku se skládají a tělo tak obnovuje svůj původní kontakt s pevným podkladem. Základním typem pohybu suchozemských obratlovců po souši je **chůze po čtyřech nohách** *(tzv. kvadrupední chůze).* Od ní se odvozuje chůze po zadních nohách *(bipední)* a další způsoby pohybu: běh po čtyřech, skákání po dvou nohách, hrabání a rytí v zemi, šplhání, klouzání vzduchem a let.

Nejvýznamnější modifikací základního pohybu blanatých obratlovců je **bipední chůze**. Evolučně přispěla ke vzniku ptáků *(přední končetiny se uvolnily pro létání).* Zadní končetiny mají buď funkci kráčivou, nebo *(některé druhy)* jimi poskakují *(např. vrabec).* Vymřelí plazi *(a jeden současný druh ještěrky)* užívají k pohybu běh po dvou nohách, který je běžný pro nelétající nebo špatně létající ptáky. Dodejme, že chůze po zadních nohou u primátů se nevyvinula přímo z kvadrupední chůze, ale přes různé modifikace šplhání *(brachiace).* Při chůzi po zadních nohou pak došlo k uvolnění předních končetin, což vedlo ke složitějším činnostem, směřujícím k užívání nástrojů.

Běh po čtyřech se vyznačuje rychlým pohybem končetin a rozmanitými změnami jejich pohybu i pohybu těla *(klus, cval, skákavý běh, atp.).* „Motorem" pohybujícího se těla jsou zadní končetiny. Přední ho v podstatě pouze „zachycují" před pádem. Rychlost pohybu vždy závisí na délce kroku a frekvenci střídání nohou. Krátkodobě je nejrychlejším pohybem běh geparda – až 120 km v hodině. Modifikací běhu po čtyřech je **bipední skákání** *(po dvou nohách)* tarbíků a klokanů.

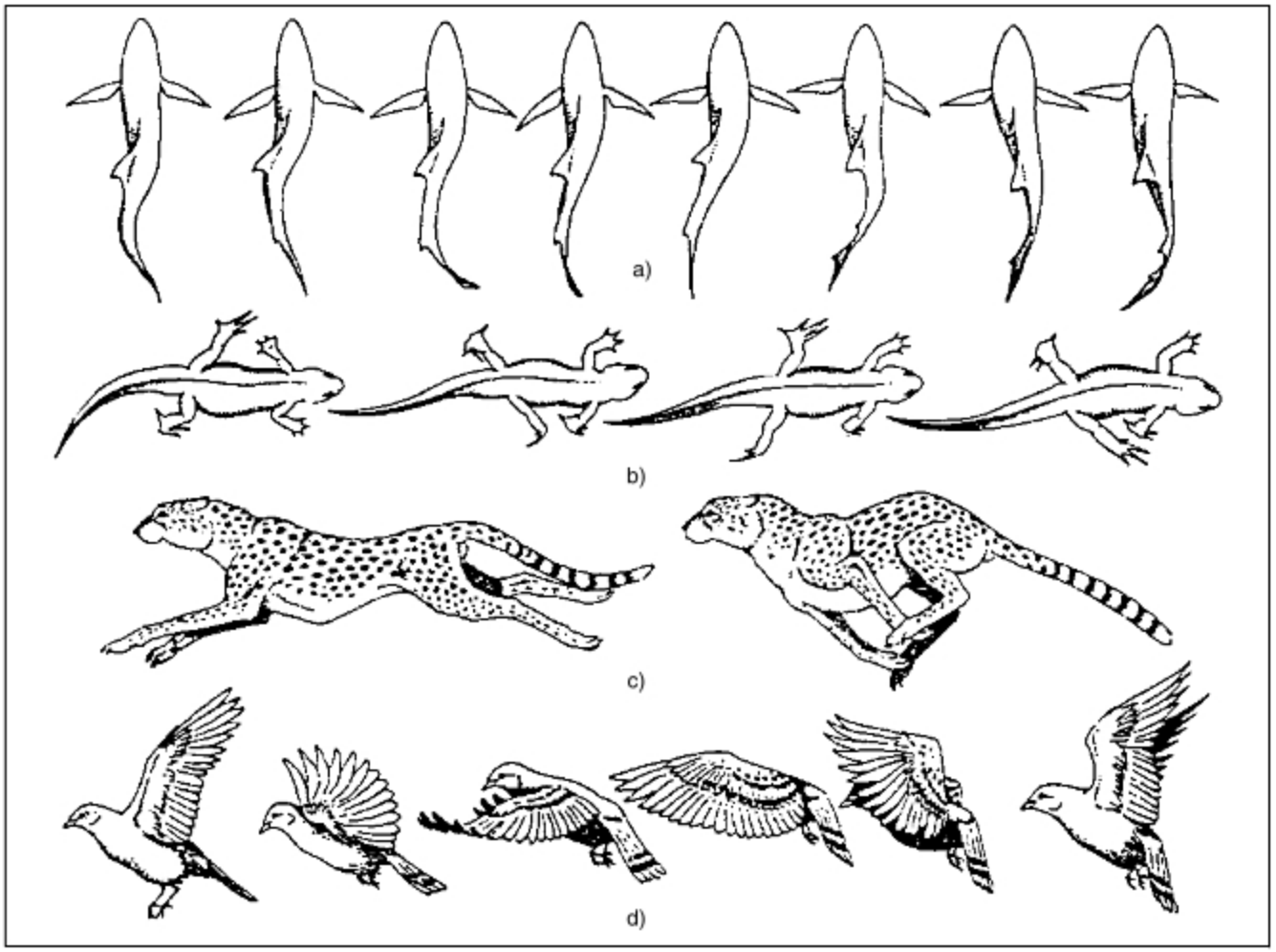
Schopnost zanořovat se do půdy a **pohybovat se pod povrchem** země souvisí s mimořádně pohyblivou páteří, zpravidla malou tělesnou velikostí a zkracováním až ztrátou končetin *(červoři, hadi).* Nejvíce zemních a podzemních druhů savců náleží k řádu hlodavci a hmyzožravci. Některé druhy ptáků sice v norách hnízdí, avšak netráví tam většinu svého života. Jinou modifikací chůze po čtyřech je **šplhání**. Vyžaduje dokonalou koordinaci celého souboru dílčích pohybů, dobrý zrak a schopnost přesné orientace. Kromě šplhání musí tito živočichové ovládat i pohyb ve vodorovném směru a přeskakovat na jiné vyvýšené body. S výjimkou plazů všichni obratlovci šplhají končetinami s prsty vybavenými např. přísavkami *(gekoni, kuňky),* drápy *(veverka, plch),* srůsty *(chameleon).*

Papoušci si při šplhání pomáhají zobákem, poloopice užívají k pohybu ocas *(rovnováha, opora, přidržování).* Savci vykazují několikerou techniku šplhání *(vačnatci, hlodavci, primáti, šelmy, chudozubí).* Obecně platí, že stromoví savci jsou psychicky vyvinutější než jim blízce příbuzné druhy žijící pouze na zemi.

4. Některé druhy obratlovců se dokážou pohybovat pasivně **klouzavým letem**. Známe létavé ryby i žáby, z plazů takto létají některé druhy agam. Mezi savci mají tuto schopnost někteří zástupci vačnatců, letuch a hlodavců. Vždy jde o druhy stromové *(tedy nikdy o druhy žijící ve skalnatém terénu).* Schopnost plachtění se u obratlovců vyvinula při častém přeskakování ze stromu na strom. Nejvyšší dokonalosti dosahuje u savců *(poletuška slovanská),* kteří po mohutném odrazu široce roztáhnou nohy, spojené po stranách blanatou kůží. Další rozvoj kožní blány a přeměna předních končetin vedly ke vzniku křídel současných netopýrů *(obdobně vznikla i křídla vyhynulých ptakoještěrů).* Pro rozvoj schopnosti **aktivního letu** ptáků však vědci předpokládají, že přechodným typem k ptákům jsou plazi běhající po zadních nohách. Při rychlém pohybu sloužila jejich vyvíjející se křídla zpočátku k udržování rovnováhy a k postupnému urychlování pohybu. Při aktivním letu jde v principu o mávavý nebo veslovací pohyb, kdy obě křídla synchronně mávají z polohy nahoře vzadu do polohy dole vpředu. Jde o nesmírně složitý pohyb, u něhož rozlišujeme frekvenci *(je vyšší u malých druhů, např. kolibřík asi 1000 kmitů za minutu)* a amplitudu *(je zpravidla vyšší u větších druhů).*

Pohyb křídel je ale mnohem rozmanitější, než mohou běžné lidské konstrukční techniky napodobit *(např. úhlové nastavení jednotlivých letek, intenzita záběru různých částí křídla při každém jednotlivém mávnutí atp.)*

Běžná rychlost ptačího letu je 40 až 60 km za hodinu. Rychleji létají zpravidla kachny a dravci. Rorýs létá rychlostí 170 km za hodinu. Radarem byla změřena rychlost letu sokola stěhovavého, který unikal před letadlem rychlostí 270 km v hodině. Ornitologové rozlišují let rychlý, plavný, třepotavý, vířivý *(kolibříci, jejichž špičky per opisují šikmo ležící osmičky, přičemž tělíčko a ocas jsou téměř svislé).* Holubi např. střídají mávání křídly s klouzavým letem, jímž proletí určitý úsek bez pohybu křídel. Zvláštním typem letu je plachtění, kdy pták má široce roztažená křídla a využívá vzdušné proudy, vznikající oteplováním vzduchu nad pevninou *(statické plachtění kondora či orla)*, nebo větrné proudy nad mořskými vlnami *(dynamické plachtění albatrosa).* Pasivním letem je rovněž střemhlavý let buď s roztaženými křídly *(terejové, kormoráni)*, nebo s křídly přitisklými k tělu *(sokolovití dravci).* Savci zdaleka nelétají tak rychle jako ptáci. Zato mají schopnost udržet se nepřetržitě velmi dlouho ve vzduchu.



Pohyb obratlovců – srovnání
a) žralok *(vlnění ocasní částí těla)*, b) mlok *(primitivní kráčivý pohyb spojený s vlněním těla)*, c) gepard pronásledující kořist *(soustava skoků)*, d) holub *(mávavý let)*

BIOLOGICKÉ RYTMY

Děje v přírodě neprobíhají neustále ve stejné intenzitě, nýbrž oscilují kolem určité hodnoty. Dochází např. k pravidelnému střídání dne a noci, k přílivu a odlivu, lunární rytmy sledují měsíční periodu 28 dní, v ročních cyklech dochází k prodlužování a zkracování dne *(jarní a letní slunovrat)* atp. Odpověď organizmů *(tedy i rostlin!)* na tyto podněty je pouze přibližná *(perioda se buď o něco zpožďuje, nebo urychluje)*, proto je označována výrazem cirka *(= asi)*.

Projevy chování živočichů bývají sladěny s různými vnějšími faktory, jimž v etologii říkáme **časovače**. Časovačem může být např. délka dne v rámci roku, změna teploty, relativní vlhkosti, příp. tlaku. Odpovědí jedinců příslušného živočišného druhu je např. línání, pelichání, svlékání, migrace *(tahy)*, pohlavní aktivita atp.

Nejvýznamnější *(a také nejnápadnější)* je aktivita vyvolávaná každodenním střídáním světla a tmy, která tedy sleduje přibližně časovou periodu 24 hodin. Říkáme jí **cirkadiánní**. Na příkladu cirkadiánního rytmu můžeme pozorovat, že odpověď jednotlivých druhů na stejnou oscilaci časovače může být různá: Rozlišujeme pak **druhy polyfázové** s více vrcholy aktivity během 24 hodin *(vodní obratlovci, plazi, hmyzožravci, hlodavci)*, **druhy bifázové** se dvěma vrcholy aktivity – obvykle při rozednění a v podvečer *(ptáci, většina savců)* a **druhy monofázové**, které zejména v nepříznivých obdobích roku jsou aktivní po tu část dne, kdy je potrava poměrně nejsnáze dostupná.

Nauka o biorytmech se nazývá **chronobiologie**. Bylo zjištěno, že v biorytmech obratlovců má zásadní význam látka **melatonin**, vylučovaná některými buňkami mezimozku, potlačující zejména pohlavní činnost. Její syntéza klesá při intenzivnějším světle *(např. v jarním období)*. Na jaře bývá tedy důsledkem tohoto jevu rozvoj a aktivizace pohlavních orgánů *(zejména ptáků)*.

Cirkadiánnímu rytmu je podřízena i aktivita člověka. Při leteckém přemisťování o několik časových pásem vždy trvá určitou dobu, než se sladí fyziologické rytmy spánku a bdění s místním střídáním dne a noci *(je tedy potřebná **aklimatizace**)*.

DOMESTIKACE A LABORATORNÍ CHOVY ŽIVOČICHŮ

Zdomácnění živočišných druhů je jedním z nejvýznamnějších počinů lidské civilizace. Zvířata byla během historie lidstva vyňata z přírody a cíleně vědomě prošlechťována. Tento proces probíhal ve všech civilizačních centrech lidstva. Prvotní potřebou člověka bylo získat jistý zdroj potravy *(ovce, koza, kur, prase, morče, kapr)*. Později se některá zvířata stávala i náboženským symbolem *(holubi, zebu)*. Zvířata pomáhala při lovu *(pes)*, obdělávání půdy *(buvol)*, s rozvojem obchodu chránila majetek *(pes)* a nosila náklady *(velbloud, osel)*. K předávání zpráv sloužili holub a kůň. Ve válečnictví se uplatnili koně a sloni. Důvody pro zdomácnění druhu mohly být ale i estetické *(kanár, akvarijní rybky, společenská plemena psů)*, sportovní *(bojovná plemena kurů, kůň)*, případně vědeckovýzkumné *(Horákův laboratorní pes, bílé myši, bílí potkani, z opic makakové)*.

Domácí zvířata nejsou samostatnými živočišnými druhy. Podmínkou domestikace je totiž po celé generace trvající dlouhodobý chov v zajetí, výběr chovných jedinců a chovatelská práce s cílem požadované vlastnosti a znaky vyšlechtit a upevnit. Domácím zvířetem je tedy včela medonosná a zcela jednoznačně i kapr obecný. Domácím zvířetem není myš domácí ani blecha obecná, byť žijí v domácnosti s člověkem. Za domácí zvíře nelze v pravém smyslu považovat slona indického, neboť ochočení jedinci jsou zpravidla odchytáváni z volné přírody. Biologické zákonitosti zdomácňování zvířat poprvé vědecky zhodnotil Charles Darwin, jenž poukázal na skutečnost, že při chovu člověk napodobuje evoluční proces přírody. Jeho cílem však není vyšlechtit znaky a vlastnosti vhodné pro přežití ve volné přírodní mezidruhové konkurenci, ale takové, z nichž mu plyne užitek.

Domestikovaná zvířata se vyznačují těmito obecnými znaky:

1. Krotkost *(ztráta plachosti)*.
2. Méně dokonalé smyslové orgány.
3. Větší variabilita znaků, než u výchozího druhu *(velikost, zbarvení atp.)*.
4. Zvýšená rozmnožovací schopnost.

K nejvýznamnějším a nejstarším domácím zvířatům patří **pes domácí** *(Canis lupus f. familiaris)*. Byl domestikován lovci asi před 10 tisíci lety z vlků, s nimiž dává plodné potomstvo. Významnou roli přitom sehrálo snadné včleňování štěňat do lidských skupin v roli lidem podřízených příslušníků smečky *(tzv. autodomestikace)*. Psi našli uplatnění v lovu, ochraně, sportu i ve vědě. Zdivočením domácího psa vzniklo v Austrálii divoké plemeno s ustálenými znaky **pes dingo** *(Canis dingo)*.

Kočka domácí *(Felis lybica f. catus)*, vznikla z kočky plavé, která je v historii lidstva prvním příkladem biologického boje proti škůdcům *(na rozdíl od psa si ve vztahu k člověku zachovává určitou autonomii)*.

Kůň domácí *(Equus caballus)* měl velmi významný civilizační vliv na lidskou společnost jako prostředek dopravy, obchodu a válek, jimiž ovlivnil dějiny celých národů. Byl domestikován v Přední Asii zhruba před čtyřmi tisíci lety. Podobně domestikace **osla** ve starém Egyptě je doložena z 6. tisíciletí př. n. l. Před 10 tisíci lety byla v Přední Asii

z kozy bezoárové odchována **koza domácí**. Ve stejném období na území Iráku došlo patrně z ovce krutorohé k domestikaci nejvšestranněji užitečných zvířat – **ovcí**. V současnosti jich je na světě chována asi miliarda jedinců, kteří dávají hospodářský užitek *(maso, mléko, kožešinu a zejména vlnu)*.

Z pratura vznikl **skot**, který jako zdroj mléka a masa zaujímá i v současné společnosti v celosvětovém měřítku přední místo. V minulosti přispěl k zdokonalení obdělávání zemědělské půdy a k objevu vozu. Jako zdroj bílkovin byla andskými indiány zdomácněna **lama krotká** a **morče domácí**, Féničané domestikovali před 3 tisíciletími na Hispánském poloostrově **králíky** a před 8 tisíci lety bylo v Indii zdomácněno **prase**. Tamtéž byl z kura bankivského před 5 tisíci lety odchován **kur domácí**. Holub skalní byl předkem **holuba domácího**, domestikovaného v Přední Asii před 6. tisíci lety. Kanár, původně užívaný k detekci důlních plynů, byl později prochován na zpěv a nejnověji je používán v neurofyziologickém výzkumu. Od dob Římanů se datuje zdomácnění **husy domácí, kachny domácí, kapra obecného** a africké **perličky kropenaté**. Počátkem našeho letopočtu byl na území dnešního Mexika domestikován **krocan domácí**, v Již. Americe **pižmovka domácí** *(nesprávně **„čínská kachna“**)* a v Egyptě **pštros dvouprstý**. Rovněž ve starověku byla v Maroku vyšlechtěna z tchoře tmavého **fretka**, dodnes užívaná k lovu divokých králíků norováním.

Významnou úlohu v současné lidské společnosti mají **laboratorní zvířata**. Jsou jimi zpravidla nenáročné, snadno množitelné druhy malých rozměrů. Např. **morče domácí** má uplatnění v bakteriologii, v sérologii se velmi uplatnili **psi** *(Horákův laboratorní pes)*. Na psech prováděl své světoznámé výzkumy I. P. Pavlov. Např. imunizací psů lidskými lymfocyty bylo získáno antilymfocytární sérum, užívané k oslabení imunitní reakce organismu při transplantacích lidských orgánů. **Králíci** se užívají při předvýrobním testování vedlejších nežádoucích účinků léků. Ke genetickým výzkumům se používá **octomilka obecná**.

Koní se používá v imunologii k výrobě protitetanového séra. Klasickým laboratorním objektem je bílá **myš laboratorní** *(Mus musculus var. alba)*, dovezená do Evropy před 120 lety z Japonska a bílý **potkan laboratorní** *(Rattus norvegicus var. alba)*, vyšlechtěný v Americe v roce 1856. I přes krátkou dobu své domestikace stal se vhodným objektem pro sledování vlivu různých diet na organismus a při výzkumu stresové zátěže. Nejnověji se při výzkumu nádorových onemocnění uplatňuje **křeček zlatý** *(Mesocricetus auratus)*, který má oproti myši tu přednost, že nepáchne. *(Podobně jako morče je často jediným živým tvorem městských dětí.)* V imunologii našli mj. uplatnění **makakové** *(objev Rh-faktoru, významného v transfuzní praxi a zjišťování typu rizikových těhotenství, vyplývajících z odlišného krevního imunitního systému rodičovské dvojice)*.

Lidské a zvířecí patogenní viry jsou pěstovány na kuřecích zárodcích. Žáby **drápatky** *(Xenopus)* se používaly ke zjišťování těhotenství. **Holubi** jsou užíváni při testování hormonů a látek působících povzbudivě na srdeční činnost.

Jednotlivé druhy živočichů v konkurenci ostatních živočišných druhů spontánně volí svou optimální životní strategii. Při chovu domácích a laboratorních zvířat je povinností chovatele životní strategii jejich volně žijících předků respektovat, dbát na jejich správnou výživu a dodržovat základní hygienické a zdravotnické požadavky tak, aby zvířata nestrádala. Pokud je nutno zvíře usmrtit, musí tak být učiněno způsobem vylučujícím jeho trápení *(str. 559)*.

Pozn.: Z důvodu nezbytné ochrany živočišných druhů i z důvodů etických je v současné době celosvětová snaha nahrazovat laboratorní zvířata např. tkáňovými kulturami *(buňky určitých orgánů pěstované na živných půdách)*.

DIVOKÁ ZVÍŘATA

Z divokých zvířat mají podstatný hospodářský význam ryby. I genofond ostatních druhů organismů představuje nesmírné kulturní bohatství lidstva, je důležitým zdrojem potravy, či vědeckého využití. Tzv. moderní lidská civilizace výrazně negativně ovlivňuje životní podmínky živočichů a nese tak plnou odpovědnost za vyhubení řady druhů. Dochází k němu z nezodpovědnosti, z chamtivosti, příp. nedbalosti. Mezinárodní unie na ochranu přírody *(IUCN)* a Fond druhů ohrožených vyhubením *(WWF)* vydává od roku 1966 Červenou knihu ohrožených druhů.

K záchraně volně žijících organismů jsou zřizována chráněná území s rozmanitým režimem ochrany. Prvním z nich byl Yellowstonský národní park *(1872)*. V současnosti je vytvořena celosvětová síť národních parků, které společně s ostatními typy chráněných území tvoří ekologickou kostru krajiny. Patří k nim národní parky Krkonoše, Šumava, Podyjí, CHKO Jeseníky, Beskydy, Slavkovský les, Český ráj, atp. Nejvzácnější z nich, např. Třeboňsko, Pavlovské vrchy, Křivoklátsko jsou součástí světového systému bisférických rezervací.

Mimořádně významnou roli v ochraně živočichů mají zoologické zahrady. První byla založena v roce 1826 v Londýně. Dnes jich je na světě kolem 900. Z nich zoo v Praze a Dvoře Králové nad Labem patří k největším na světě. Plní funkci výchovnou, výzkumnou, ale především funkci ochrany druhu *(např. plemenný chov koní Przewalského v pražské zoo, reintrodukční chov rysů v zoo Ostrava atp.)*. Výchovnou funkci plní při respektování ekologických a hygienických podmínek i cirkusy.

Obratlovci nás obklopují na každém kroku. Možnost jejich poznávání se naskýtá takřka denně. Každý den je tedy i příležitostí k zamyšlení se nad lidskými činnostmi, které mohou jejich život zásadně ovlivnit k lepšímu.

BIOLOGIE A FYZIOLOGIE ČLOVĚKA

a

ÚVOD DO STUDIA OBECNÉ GENETIKY

BIOLOGIE A FYZIOLOGIE ČLOVĚKA

PŮVOD A VÝVOJ ČLOVĚKA

Fylogenetický vývoj člověka

je součástí kmenového vývoje obratlovců. Současné hypotézy o vývoji člověka z živočišných předchůdců jsou dokládány kosterními nálezy různě pokročilých bytostí žijících v období třetihor a čtvrtohor. Antropologové je řadí do několika na sebe navazujících vývojových stupňů. Nálezy pocházejí z Afriky, Asie, Evropy i Ameriky.

METODY URČOVÁNÍ STÁŘÍ PALEONTOLOGICKÝCH NÁLEZŮ *(datování)*

jsou přímé, založené na principu přirozeného radioaktivního rozpadu nestabilních izotopů chemických prvků. Rychlost jejich rozpadu je stále stejná a nezávisí na vnějších podmínkách *(teplotě, tlaku)*. Charakteristickou veličinou je **poločas rozpadu**, tj. doba, za kterou se rozpadne polovina jader radioaktivního izotopu jednoho prvku a přemění se na jádra izotopů jiného prvku. Můžeme-li v určitém vzorku zjistit vzájemný poměr izotopů obou prvků a známe-li poločas rozpadu radioaktivního prvku, můžeme určit stáří daného vzorku. Pro přímé, absolutní datování paleontologických nálezů se používá:

- **Metoda radiokarbonová**

Z dusíku obsaženého v atmosféře se srážkami s rychlými neutrony vytváří radioaktivní uhlík:

$$^{14}_{7}\mathrm{N} + ^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow ^{14}_{6}\mathrm{C} + ^{1}_{1}\mathrm{p}$$

který se ihned zapojí do biologického koloběhu ve formě CO_2. Po uhynutí organismu není množství $^{14}_{6}\mathrm{C}$ doplňováno a ubývá ho s poločasem rozpadu 5730 let:

$$^{14}_{6}\mathrm{C} \rightarrow ^{14}_{7}\mathrm{N} + ^{0}_{-1}\mathrm{e}$$

Změřením obsahu izotopu $^{14}_{6}\mathrm{C}$ v kosti lze vypočítat, jak dlouho byla kost v zemi uložena.

Další dvě metody se používají k datování vrstev, ve kterých se fosilie nacházejí.

- **Metoda U/Pb**, založená na radioaktivním rozpadu uranu U na olovo Pb, s poločasem rozpadu 713 milionů let.

- **Metoda K/Ar**, založená na rozpadu draslíku K na argon Ar. Poločas rozpadu je 1,3 miliardy let *(metoda není vhodná k datování vzorků mladších než 0,5 milionu let, neboť množství draslíku, které se přeměnilo na argon, je ve vzorku tak malé, že při jeho měření dochází k velkým chybám).*

K určování stáří nálezů, u nichž nelze použít absolutního datování, se používají **nepřímé datovací metody**. Například se datuje pomocí studia doprovodné fauny a flóry, případně jiných doprovodných nálezů. Proto se při nálezu fosilních předků člověka věnuje stejná pozornost i kosterním nálezům jiných živočichů a zbytkům rostlin. Jestliže se srovná druhové složení doprovodné fauny a flóry z určitého naleziště s druhovým složením doprovodné fauny a flóry jiného naleziště, kde bylo možné použít k datování přímou metodu, lze určit absolutní stáří kosterního nálezu dosti přesně.

SYSTEMATICKÉ ZAŘAZENÍ ČLOVĚKA

je založeno na studiu jeho tělesných vlastností. Člověk je v rámci zoologické soustavy zařazen do podkmene obratlovců *(Vertebrata)*, třídy savců *(Mammalia)*, řádu nehetnatců *(Primates)*, nadčeledi *Hominoidea*, která se dělí na čeledi: gibonovití *(Hylobatidae)* a hominidy *(Hominidae)*.

Přehled systematického zařazení nehetnatců

(v linii vedoucí k člověku)

Řád: **Nehetnatci (primáti)** *(Primates)*

Podřád: **Poloopice** *(Prosimiae)*
Podřád: **Vyšší primáti** *(Simiae syn. Anthropoidea)*

Skupina: **Ploskonosí** *(Platyrrhini)*
Skupina: **Úzkonosí** *(Catarrhini)*

Nadčeleď: **Cercopithecoidea**
Nadčeleď: **Hominoidea**

Čeleď: **Gibonovití** *(Hylobatidae)*
Čeleď: **Hominidae**

Podčeleď: **Orangutanovití** *(Pongiae)*
Podčeleď: **Homininae**

Tribus: **Gorily** *(Gorillini)*
Tribus: **Hominini**
Šimpanzi (Pan)
† *Australopithecus*
† *Paranthropus*
Lidé (Homo)

(Upraveno podle A. Manna a M. Weisse, 1996)

❑ PRVNÍ PRIMÁTI

navazují vývojově pravděpodobně na **hmyzožravé placentální savce**, jejichž zbytky pocházejí ze svrchní křídy *(před 70 až 75 miliony let)* ze Severní Ameriky. Na ně navazuje početná skupina **poloopic** *(Plesiadapidae),* jejichž fosilní zbytky staré 60 milionů let byly nalezeny v Severní Americe a v Evropě.

Z doby před 50 miliony let pocházejí zbytky **poloopic** *(Omomyoidea),* nalezené v Severní Americe, Evropě a východní Asii. Z nich se pravděpodobně oddělili **vyšší primáti** *(Simiae)*, nezávisle na sobě skupina **ploskonosých** *(Platyrrhini)*a **úzkonosých** *(Catarrhini).*

Plesiadapis gidleyi
70 milionů let

Skupina úzkonosých zahrnuje nadčeleď **Cercopithecoidea**, vedoucí k opicím starého světa *(paviáni, makakové, kočkodani, hulmani)*, a nadčeleď **Hominoidea** zahrnující čeleď **gibonovitých**, *(Hylobatidae)* a čeleď **Hominidae**.

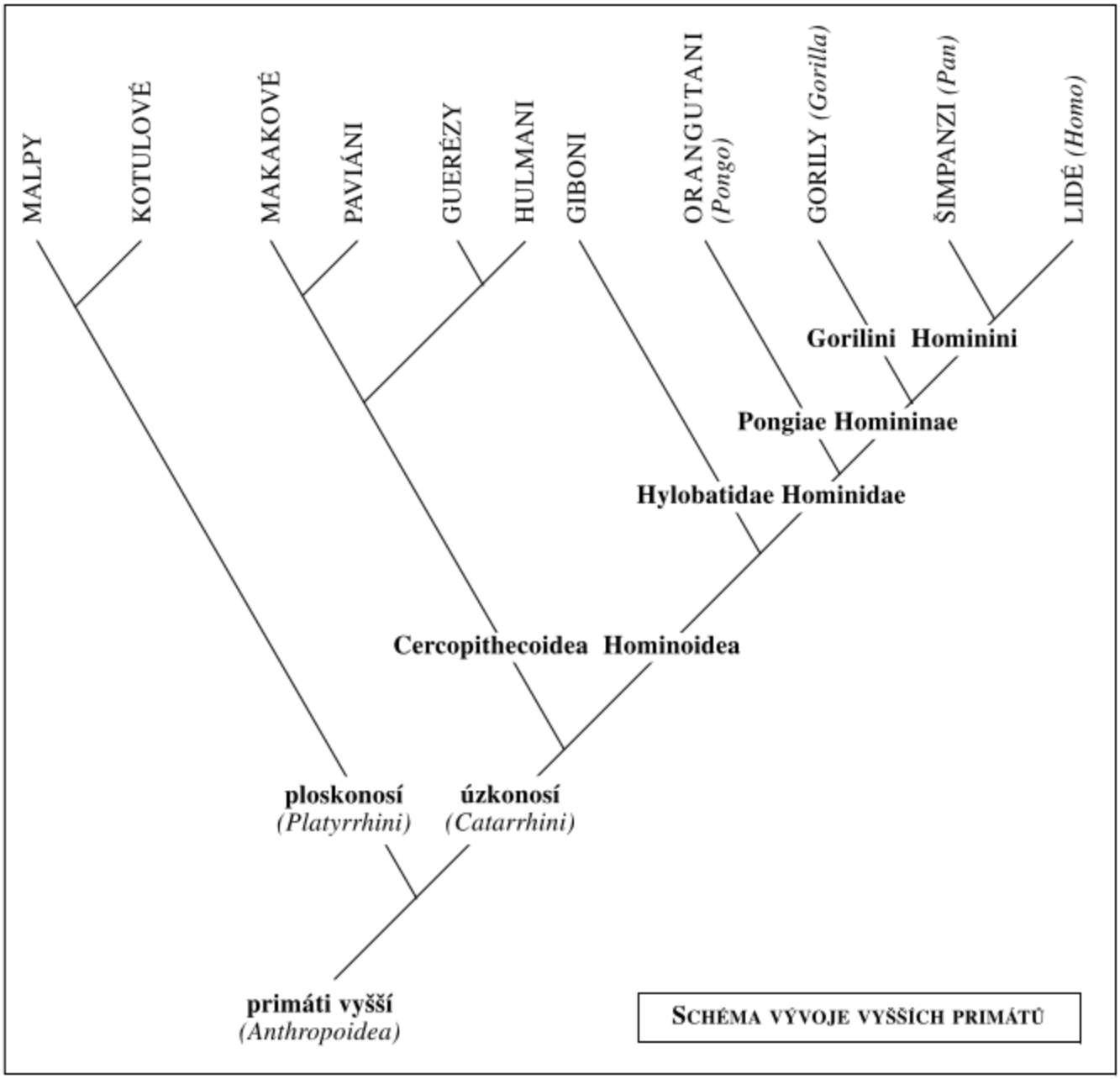
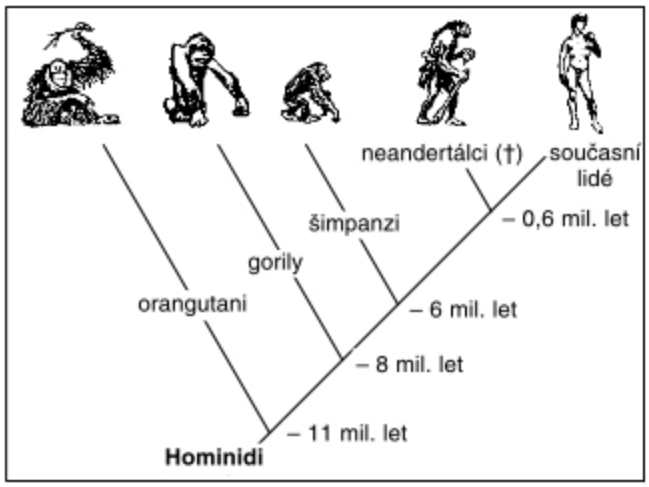


SCHÉMA VÝVOJE VYŠŠÍCH PRIMÁTŮ

Z vývojové větve hominidů se nejdříve oddělili orangutani *(asi před 11 miliony let)*. O něco později se oddělily gorily *(asi před 9 až 8 miliony let)*. Teprve asi před 6 až 5 miliony let se oddělili šimpanzi, kteří jsou nejbližšími příbuznými člověka *(viz mitochondriální strom hominidů).*

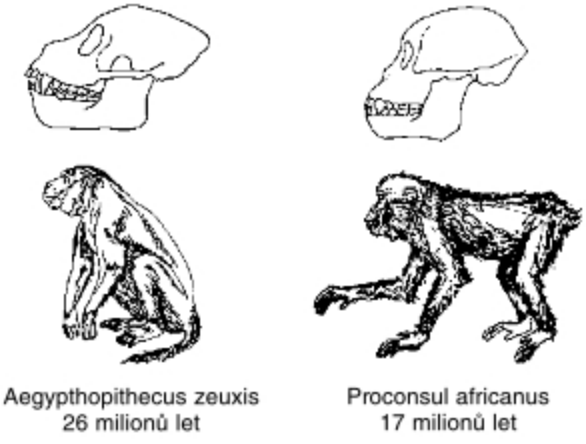


Mitochondriální strom hominidů

❑ HOMINIDI

Nejstarší zástupci nadčeledi *Hominoidea* žili na území Egypta. Asi 60 km jihozápadně od Káhiry *(Fayum)* byly nalezeny kostrové pozůstatky primáta *(Aegyptopithecus zeuxis),* který zde žil asi před 30 miliony let. Tento malý, asi 5–6 kg vážící primát měl znaky budoucích pravých opic i lidooopů.

Na území východní Afriky žil v rozmezí 22 až 14 milionů let velký primát *(Proconsul africanus)*, dosahující hmotnosti kolem 18 kg. Jeho kostrové pozůstatky dokládají, že se jednalo o lidoopa.



Aegypthopithecus zeuxis
26 milionů let

Proconsul africanus
17 milionů let

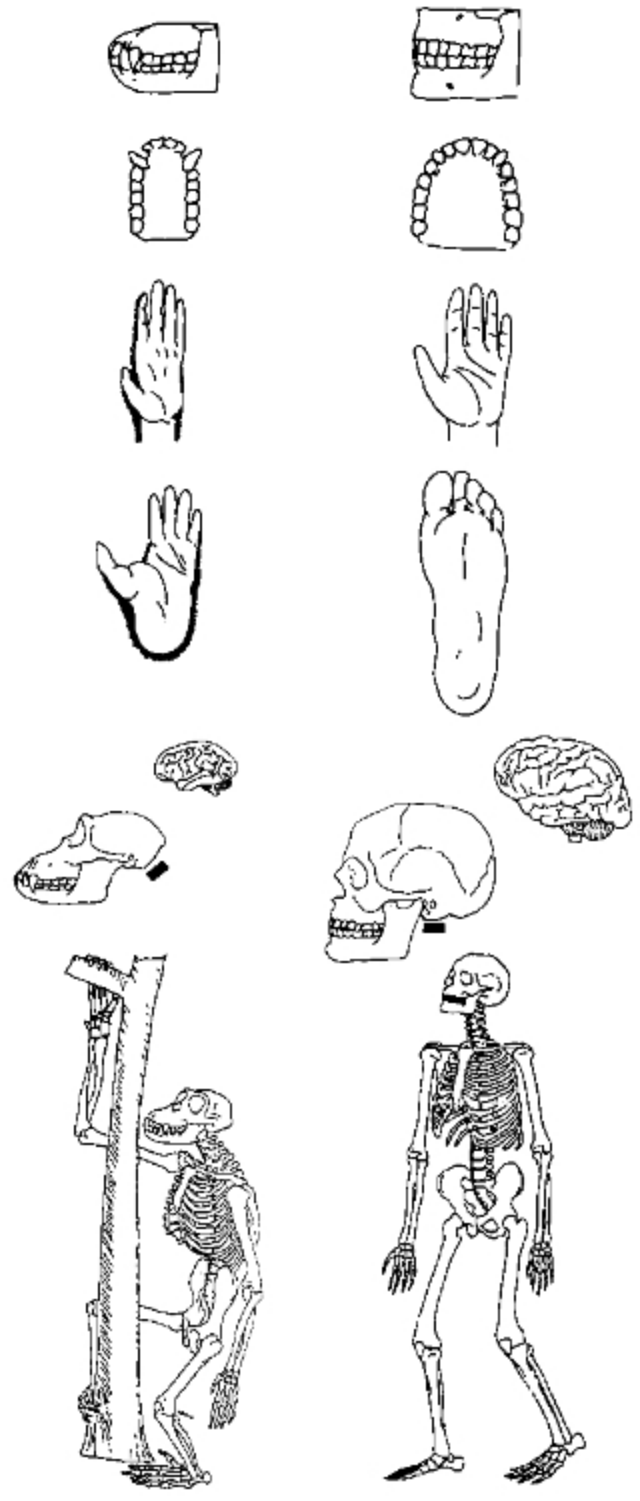
Rekonstrukce lebek a pravděpodobný vzhled
(volně překresleno podle Z. Buriana)

Na území východní Afriky, Evropy a Asie žili ve středním a svrchním miocénu lidoopi *(rodu Dryopithecus)* dosahující hmotnosti okolo 35 kg. Dryopitékové vykazují značnou tvarovou podobnost s dnešními lidoopy i pozdějšími hominidy, soudí se však, že žádný z nich předkem současných lidoopů ani člověka nebyl.

Vývojové vztahy k hominidům jsou v současné době prokázány u rodu *Ardipithecus* z doby před 5,8–4 mil. let. Fosilní nálezy druhů tohoto rodu pocházející z Etiopie, jsou zatím velmi vzácné a jsou předmětem usilovného zkoumání. Dobře prozkoumanou skupinou jsou zástupci druhu *Australpithecus afarensis* pocházející z Etiopie *(Hadar)* a Tanzanie *(Laetoli)*. Jejich stáří se odhaduje na 3,6–2,6 miliony let. Vývojové změny prokazatelné na kostře a směřující k formám člověka se shrnují pod pojem **hominizace**. Patří mezi ně:

– **napřimování postavy**, které se projevilo na stavbě páteře, dlouhých kostí končetin a pánevních kostí;

– **předozadní zploštění hrudníku**, jež umožnilo rotaci v ramenním kloubu, a tím vykonávání různorodých pohybů;



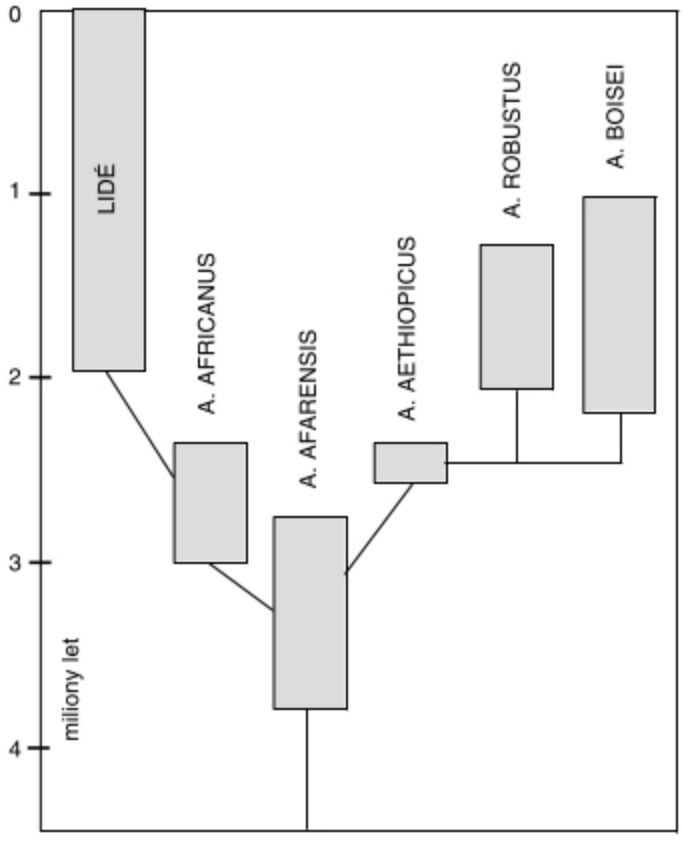
Srovnání některých tělesných znaků lidoopa a člověka

– **obličejová část lebky** je orientována více vertikálně, zvětšuje se mozek, a tím i klenutí lebky;

– **sdružování ve společnosti** a změna pudového jednání na uvědomělé, systematické a opakované používání předmětů jako nástrojů v různých oblastech činnosti a konání.

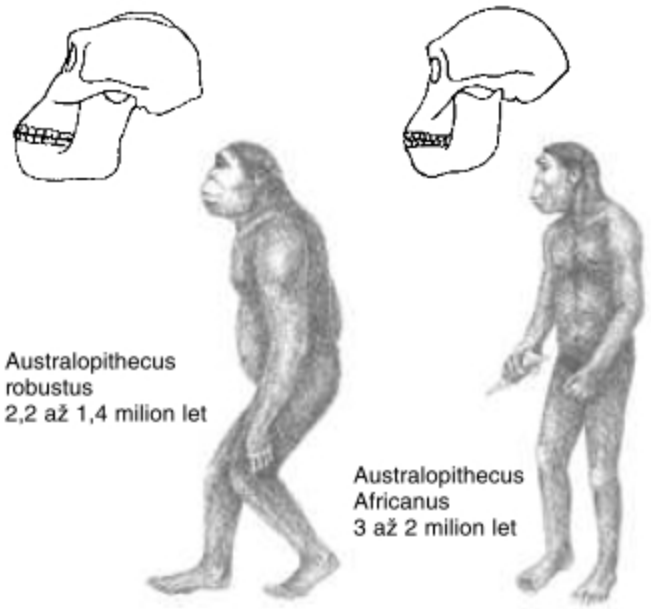
První australopitéci byli ve svém vzhledu značně proměnliví. Někteří jedinci byli malé postavy *(stěží převyšovala 1 m)* a měli hmotnost asi 30 kg. Největší z australopitéků však měřili 1,7 m a vážili 60–65 kg. Rozdílnost byla dána jednak pohlavím, jednak pravděpodobně existencí více druhů. *Australopithecus afarensis* byl zřejmě přechodnou fornou mezi lidoopem a člověkem.

V době před 2 miliony let obývalo africký kontinent několik druhů hominidů, kteří zřejmě povstali z jednoho druhu – možná to byl Australopithecus afarensis. V té době se vyskytovali ve dvou formách. Gracilní tvořili jeden druh *(Australopithecus africanus)*, robustnější tvořili tři druhy *(Australopithecus robustus, Australopithecus boisei* a *Australopithecus aethiopicus)*.



Pravděpodobný rodokmen dosud známých šesti hominidů

Obě formy australopitéků byly vegetariáni. Robustnější formy žily ve vyprahlejších částech kontinentu, konzumovaly tvrdší potravu a měly tedy mohutnější čelisti a žvýkací svaly. Stavba jejich ruky umožňovala používání a snad i zhotovování kostěných nástrojů *(kultura osteodontokeratická)*.

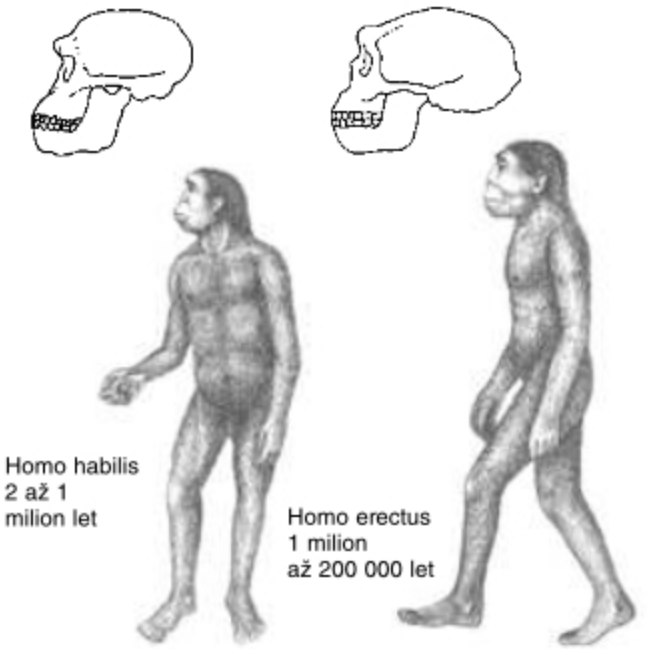


Srovnání lebek a pravděpodobný vzhled
(volně překresleno podle Z. Buriana)

• **Člověk zručný**, *(Homo habilis)* – jeho kosterní zbytky byly nalezeny v Olduvai Gorge v Tanzánii a později i v údolí řeky Omo v Etiopii, pocházejí z doby před 2 až 1,4 milionu let. Byl vysoký 125 až 135 cm, dosahoval průměrné tělesné hmotnosti 30 až 40 kg a objem jeho mozkovny byl asi 650 cm^3. Žil na savanách, v řídkých lesích a skalnatých údolích. Byl všežravec. Zhotovoval kamenné nástroje, s jejichž pomocí lovil různé druhy zvířat. Nespokojoval se patrně jen s přirozenými úkryty.

• **Člověk vzpřímený** *(Homo erectus)*,

byl biologicky úspěšný a v pleistocénu *(starší období čtvrtohor)* široce rozšířený druh člověka. Jeho fosilní nálezy pocházejí z různých míst Afriky,

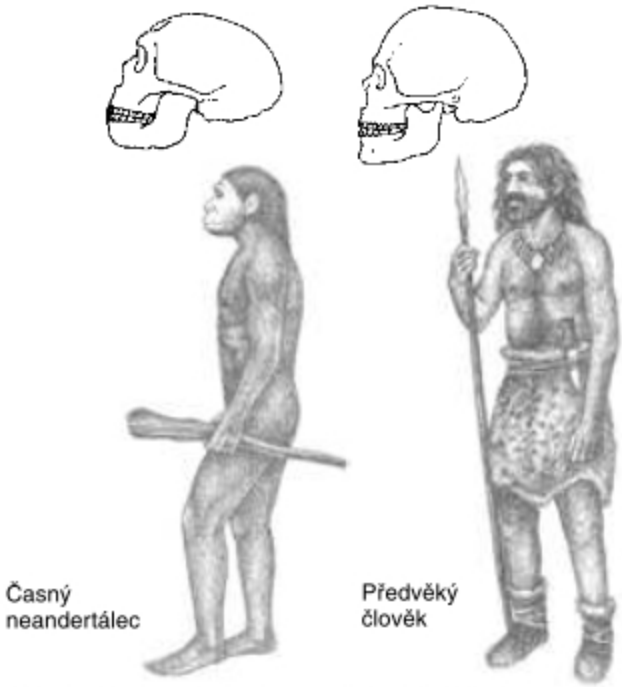


Srovnání lebek a pravděpodobný vzhled
(volně překresleno podle Z. Buriana)

Asie, Evropy a jejich stáří je určeno na 1 milion až 350 tisíc let. Používal různé nástroje, funkčně opracované. Dosahoval tělesné výšky 150 až 170 cm a obsah jeho mozkovny se pohyboval v rozmezí 770 až 1250 cm^3. Z různých forem se ukazuje jako nejvyspělejší **člověk pekingský** *(Homo erectus pekinensis)* a evropský nález *(Homo erectus palaeohungaricus).* Tyto nejvyspělejší formy byly první ze všech zástupců rodu Homo, které již znaly využití ohně, jak to dokládají zbytky ohnišť v místech nálezů.

- **Člověk neandertálský, pračlověk** *(Homo sapiens neandertalensis)*

Evoluční přechod od druhu Homo erectus k vývojově nejstarším formám druhu **Homo sapiens** *(člověk moudrý)* proběhl díky velké pohyblivosti lidských populací, a z toho plynoucího vzájemného míšení, na poměrně rozsáhlém území. Vývojová vyspělost jednotlivých populací, zejména geograficky velmi vzdálených, mohla být značně odlišná a do různého stupně stabilizovaná. Po skončení poměrně dlouhého procesu hominizace začal rychlý **proces sapientace**, vedoucí k současnému typu člověka s rozvinutými rozumovými schopnostmi, který ovládal abstraktní myšlení a řeč a který vytvářel organizovanou lidskou společnost s rozvíjející se výrobou a kulturou. K nejstarším nálezům patří **anteneandertálec**, označovaný jako *Homo sapiens steinheimensis,* z doby před 300 000 až 200 000 lety. Jeho kosterní zbytky mají znaky navazující na pozdní formy druhu Homo erectus a také znaky, jež anteneandertálce spojují s nejmladšími nálezy Homo sapiens. Byli to sběrači a lovci, žili v nepříliš početných tlupách. Nalezené artefakty představují široký výběr různých kostěných a kamenných nástrojů a zbraní. Používali dřevěné oštěpy, přiostřované opalováním v ohni. Objem jejich mozkovny se pohyboval mezi 1200–1325 cm^3. Zůstává silný nadočnicový val a těžká spodní čelist s ustupující bradou.



Srovnání lebek a pravděpodobný vzhled
(volně překresleno podle Z. Buriana)

Typologicky lze mezi neandertálci rozlišit dvě formy: **časného neandertálce neboli protoneandertálce** *(Homo sapiens aniensis)* a **klasického neandertálce** *(Homo sapiens neandertalensis).*

Časný neandertálec představuje pravděpodobně spojovací článek mezi neandertálci a nejvyspělejšími formami člověka. Klasický neandertálec představuje vývojovou linii výborně přizpůsobenou životu v drsných podmínkách poslední doby ledové, rozšířenou na dnešní mírnou oblast eurasijského kontinentu. Byli to lidé vysocí 155 až 165 cm, robustní kostry s mohutně vyvinutým svalstvem. Lebka měla nápadné nadočnicové valy, ploché temeno, široké nosní otvory, bradový výběžek byl nepatrně naznačen nebo chyběl. Objem mozkovny 1300 až 1700 cm^3 byl v některých případech větší než u současného člověka. Většina badatelů se dnes kloní k názoru, že klasičtí neandertálci přímými předchůdci dnešního člověka nebyli a představují slepou vývojovou větev. S ústupem poslední doby ledové a pod tlakem méně specializovaných forem časných populací *Homo sapiens sapiens* před 40–35 tisíci lety vymírají. Je velmi pravděpodobné, že mezi oběma vývojovými liniemi docházelo ve styčných zónách ke vzájemnému míšení a obohacování obou kultur. Tak se zřejmě vytvářela ohniska pozdější civilizace mladší doby kamenné, představované předvěkým člověkem.

- **Předvěký člověk** *(Homo sapiens sapiens),*

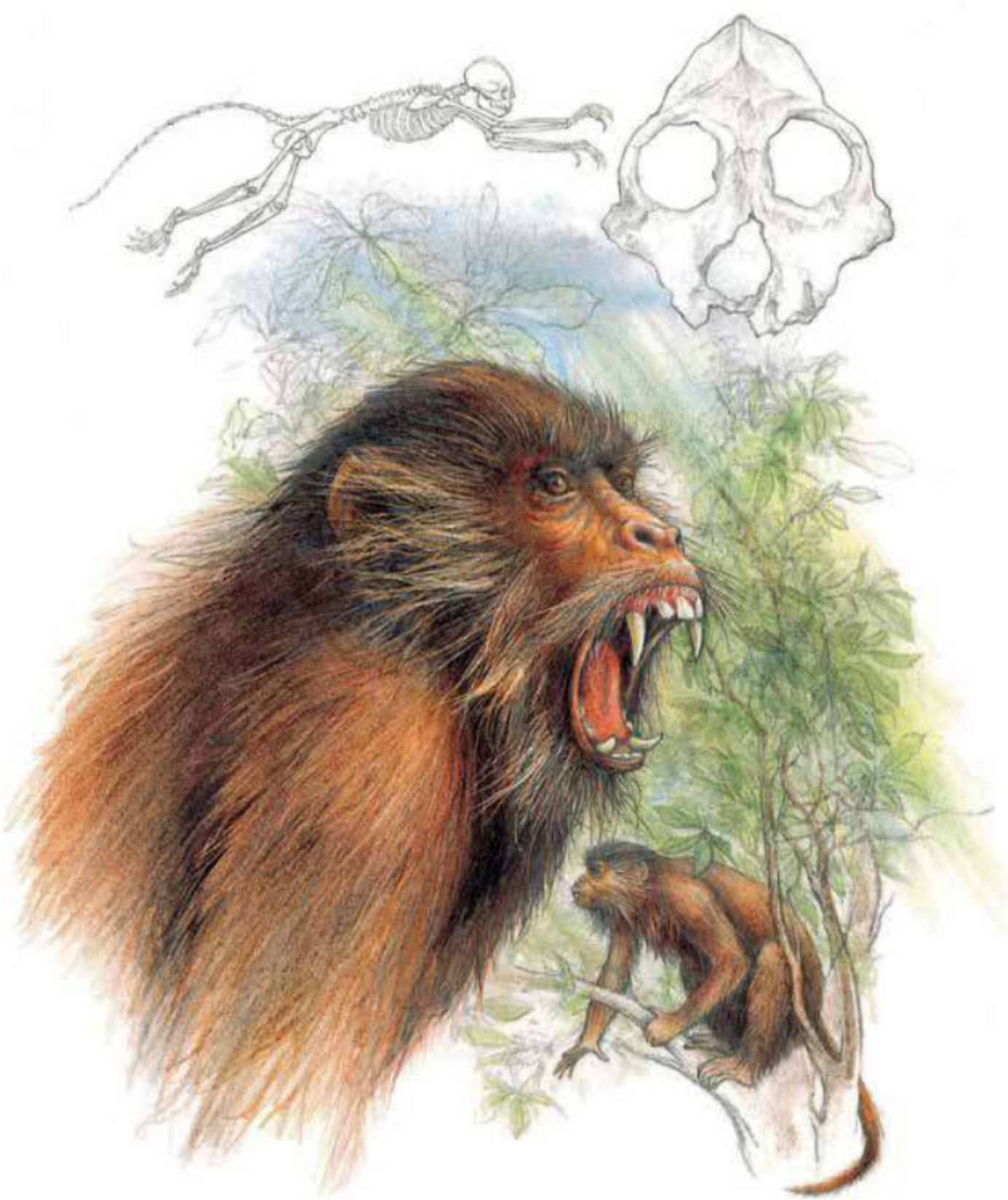
má svůj původ v Africe *(před 100 000 až 40 000 lety).* Vývojově navazuje zřejmě na protoneandertálce. Kostrové nálezy pocházejí převážně z oblastí Blízkého východu. Tělesná výška dosahovala 106 až 175 cm, lebky měli klenutější a zaoblenější, nadočnicový val podstatně méně vyvinutý, spodní čelist již většinou s bradovým výběžkem. Objem mozkovny se shoduje s kapacitou současných lidí. Kostrové zbytky z Palestiny se datují do doby před 80 000 až 45 000 lety. V žádném tělesném znaku se výrazně neodlišují od dnes žijících lidí. Předvěký člověk se stal biologicky nejsilnějším elementem pravěké přírody. Osídloval rozsáhlá území. S ústupem doby ledové se šířil z jihu do střední, západní a východní Evropy. Lovil organizovaně, pohřbíval své mrtvé, stavěl si primitivní obydlí. Zachovaly se po něm kresby na stěnách jeskyní a sošky, sloužící pravděpodobně ke kultovním a magickým účelům. Mezi nejznámější jeskyně s nástěnnými obrazy patří Altamira ve Španělsku, Lascaux, Niaux ve Francii, Kapovaja na jižním Urale. Známými nalezišti předvěkého člověka na našem území jsou Dolní Věstonice a Předmostí u Přerova.

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: EVOLUCE ČLOVĚKA

Šimpanz učenlivý *(Pan troglodytes)*

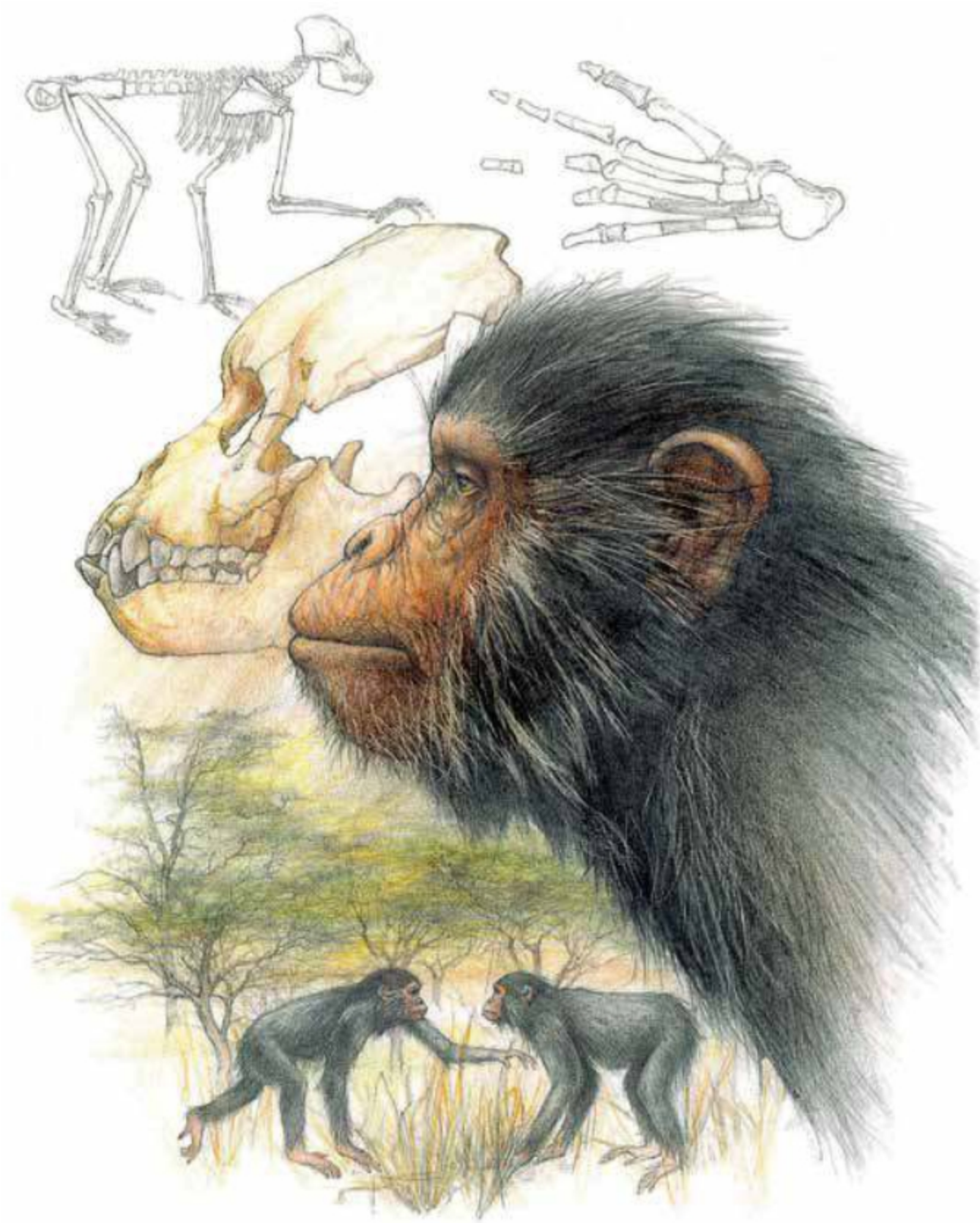
Žije v tropické Africe, hlavně na stromech, ale pravidelně sestupuje na zem. Šimpanzi žijí v rodinách a někdy se shlukují v nevelké tlupy. Živí se rostlinnou potravou.

Aegyptopithecus zeuxis



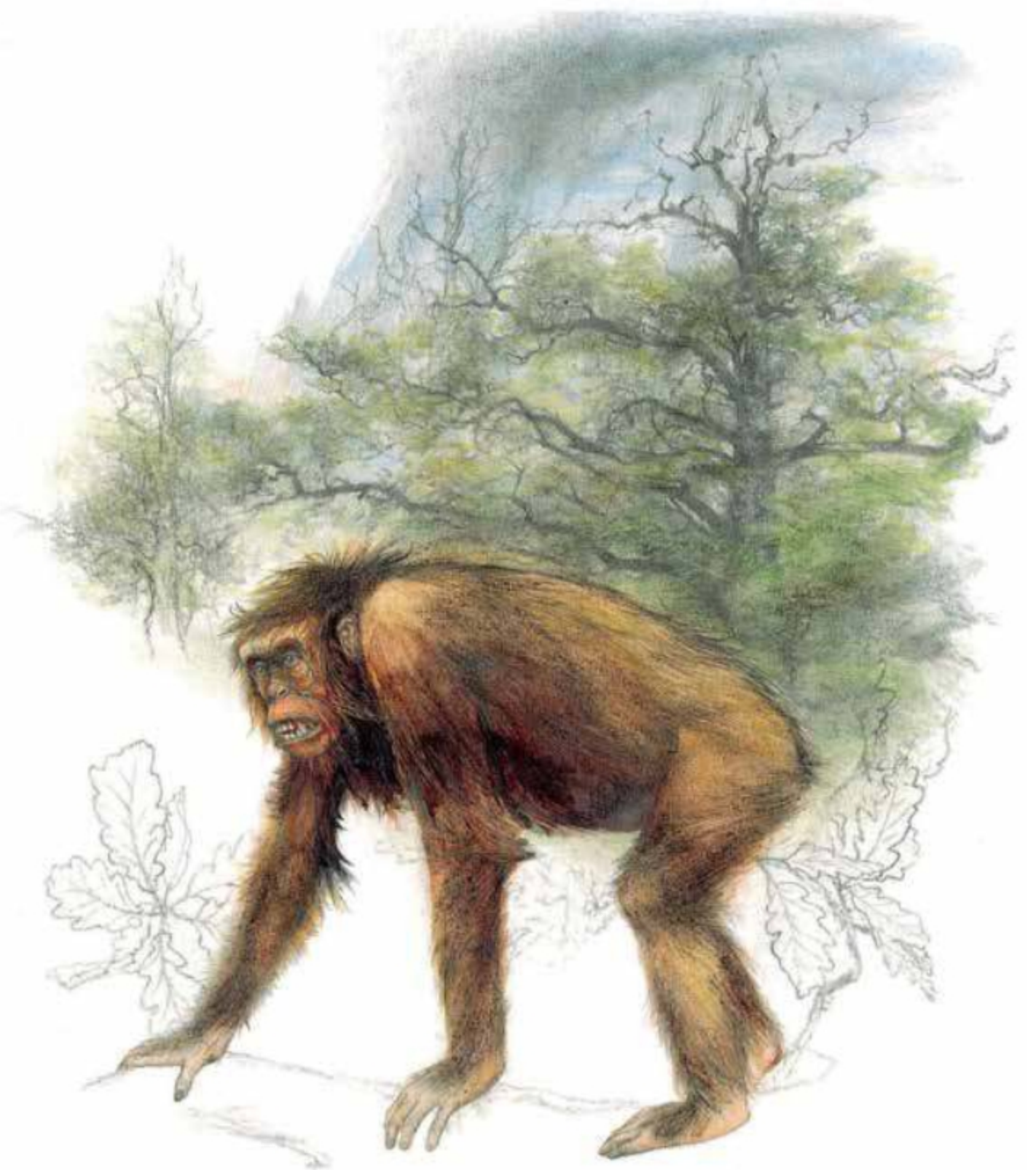
Žil na území dnešního Egypta asi před 30 miliony let. Svým vzhledem připomínal některé jihoamerické opice, zejména vřešťana.

Proconsul africanus



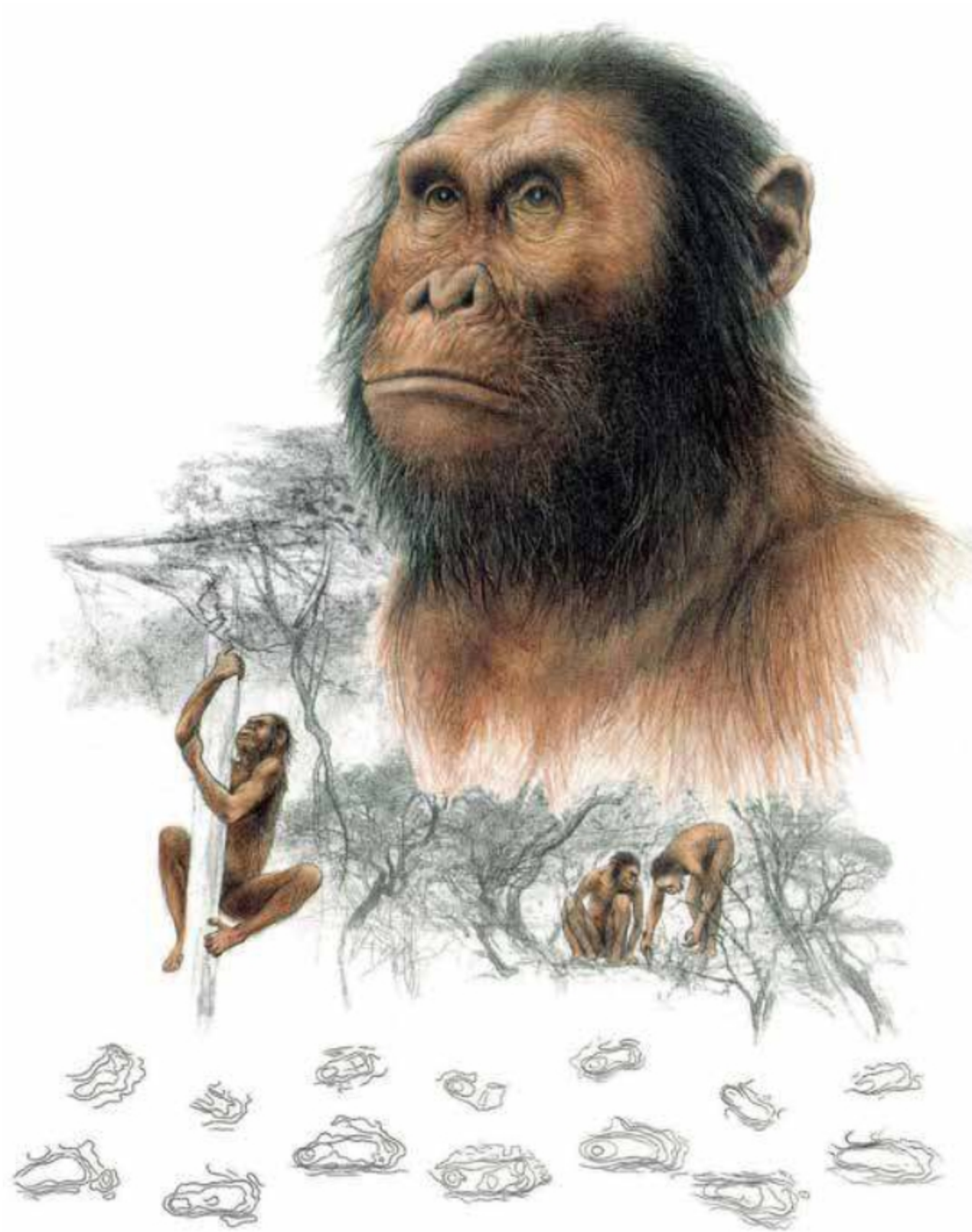
Žil ve východní Africe v časovém rozmezí od 22–14 milionů let. Rod Proconsul zahrnoval více druhů. Zatímco lebka vykazuje znaky lidoopa, tělo je směs struktur typických pro pozdější opice a lidoopy.

Dryopithecus fontani



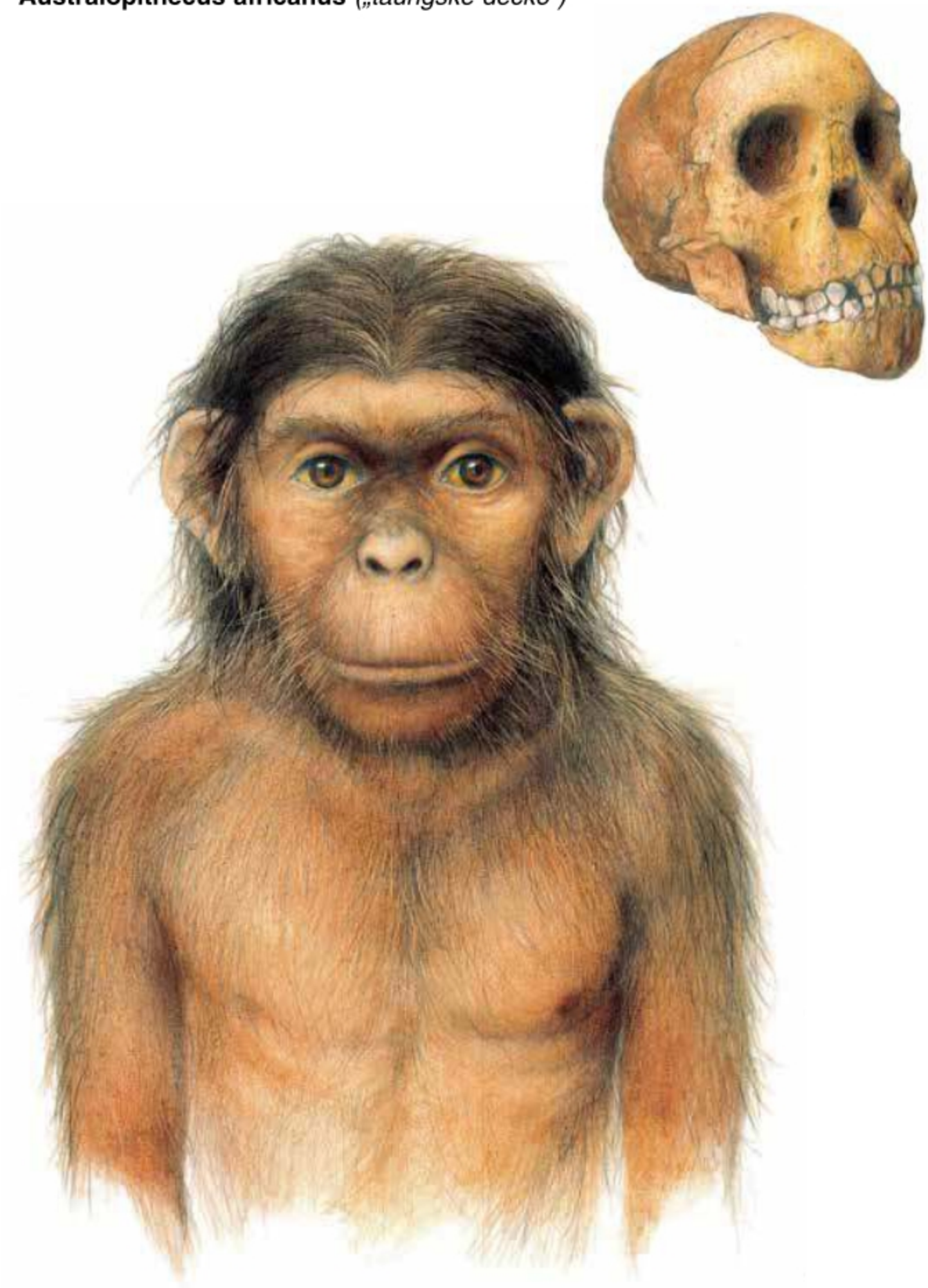
Byl vnitrozemním lidoopem. Jeho kosterní zbytky pocházejí ze západní Evropy z doby před 19–12 miliony let. Dryopitéci žili v tlupách se složitou sociální strukturou.

Australopithecus afarensis



Žil ve východní Africe. Kosterní zbytky pocházejí z Etiopie *(Hadar)* a Tanzanie *(Laetoli)*. Anatomické struktury vykazují starobylé znaky miocénních lidoopů, ale také znaky hominidní. Geologické stáří nálezů se odhaduje na 3,6–2,6 milionů let.

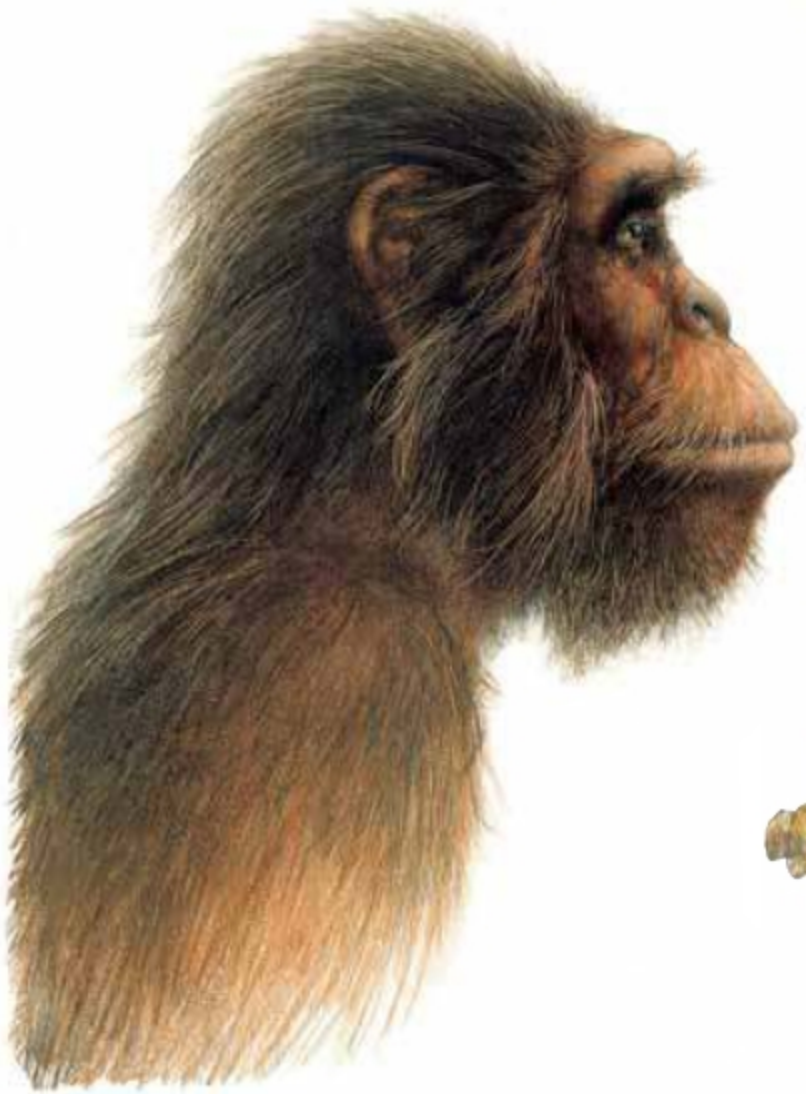
Australopithecus africanus *(„taungské děcko")*



Patřil mezi gracilní hominidy. Obýval před 3–2,2 miliony let Jižní Afriku *(Taung, Sterkfontein)*. Pohyboval se po dvou končetinách.

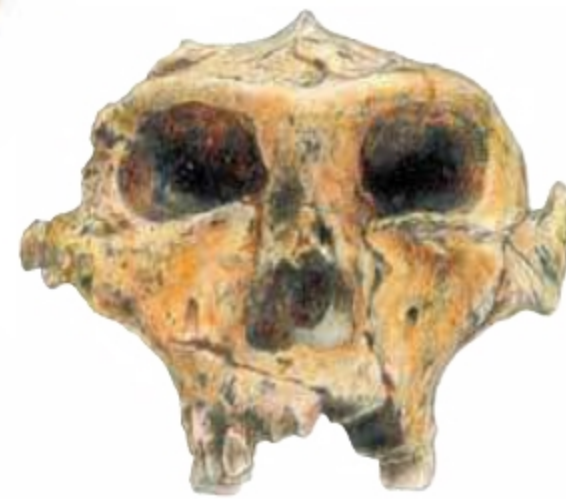
Australopithecus aethiopicus

Nález lebky tohoto druhu *(západní břeh jezera Turkana)* pochází z doby před 2,6 milionu let. Nálezu lebky předcházel nález robustní čelisti v Etiopii. Některé znaky na lebce *(výrazný šípový hřeben, objem mozkovny cca. 410 cm^3)* se shodují s odpovídajícími částmi lebky staršího nálezu *Homo afarensis (Hadar)*. Obličejová část *(velká a široká v jařmových obloucích)* se naopak shoduje s nálezy jedinců druhu *Australopithecus boisei.*



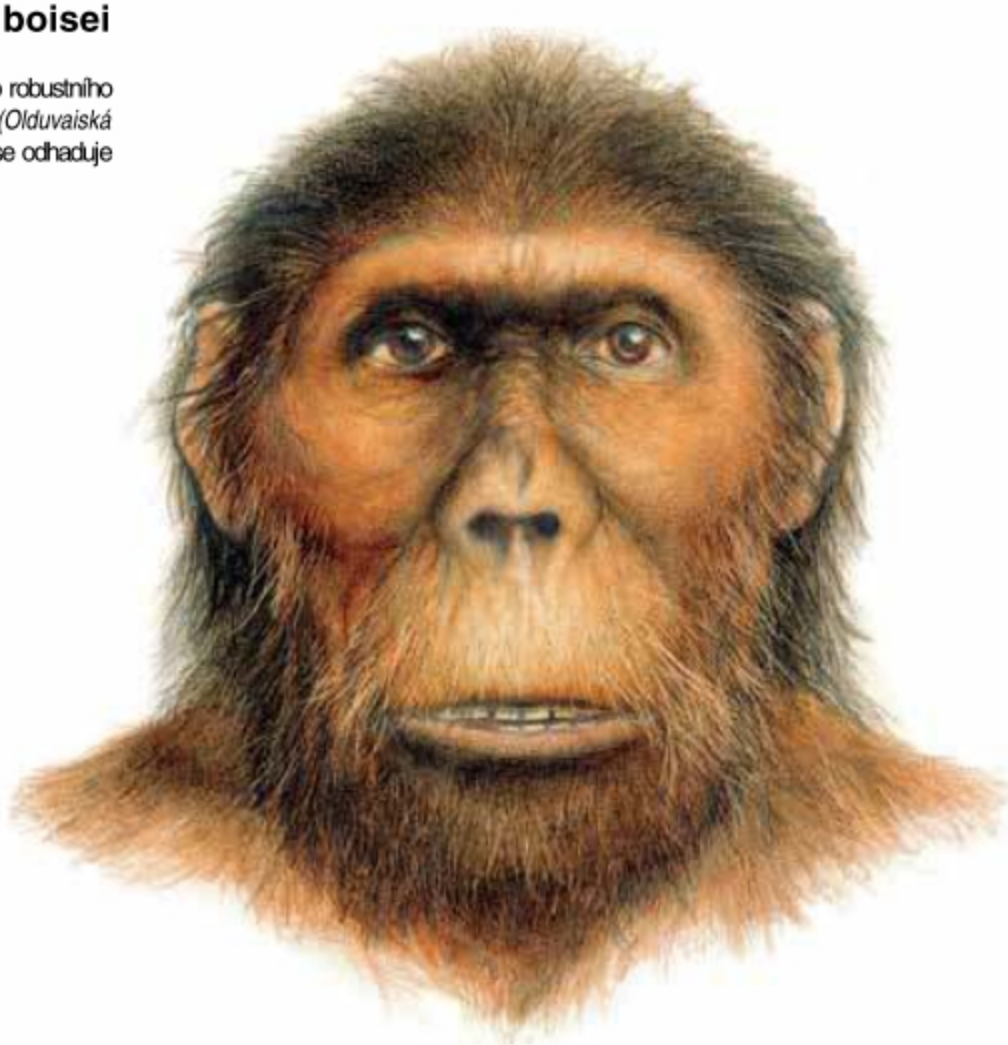
Australopithecus robustus

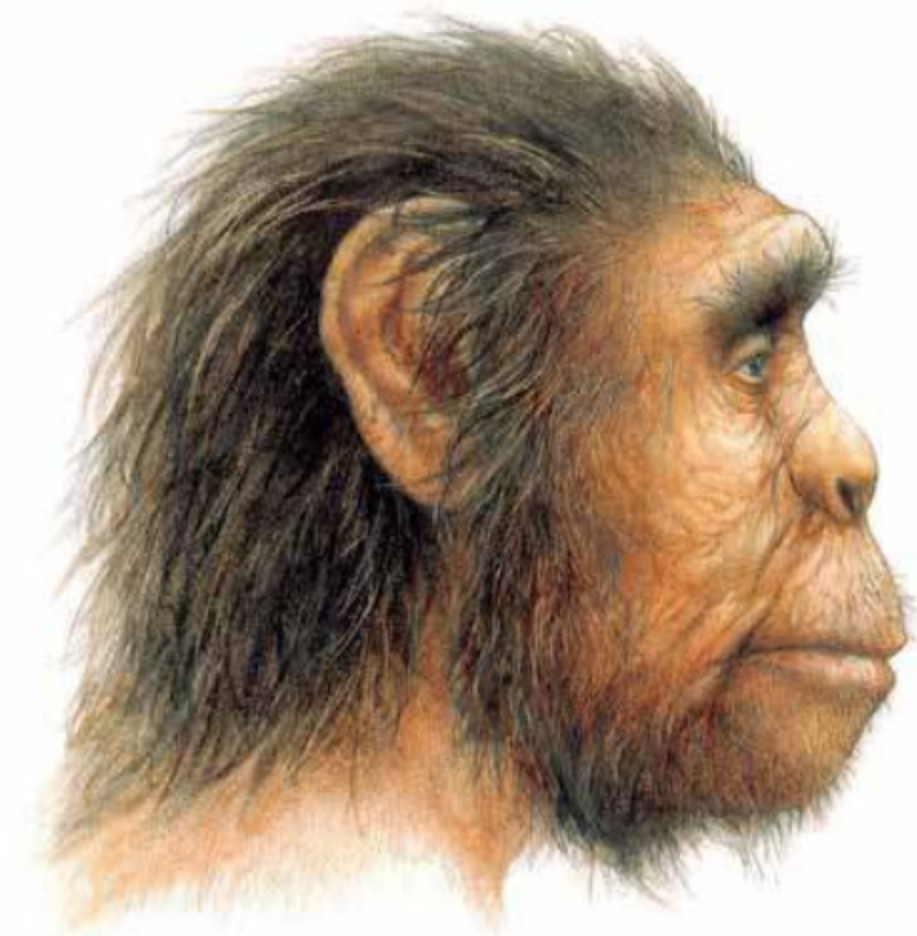
Nízké čelo, šípovitý hřeben, masivní a široká tvář a velké stoličky jsou svědectvím postranního vývoje v linii ranných hominidů. Pozůstatky robustních australopitéků byly objeveny na dvou jihoafrických nalezištích – Kromdraai a Swartkrans ve vrstvách starých 2–1,4 miliony let.



Australopithecus boisei

Nálezy kosterních zbytků tohoto robustního hominida pocházejí z Tanzanie *(Olduvaiská rokle)* a jejich geologické stáří se odhaduje na 1,7 milionu let.

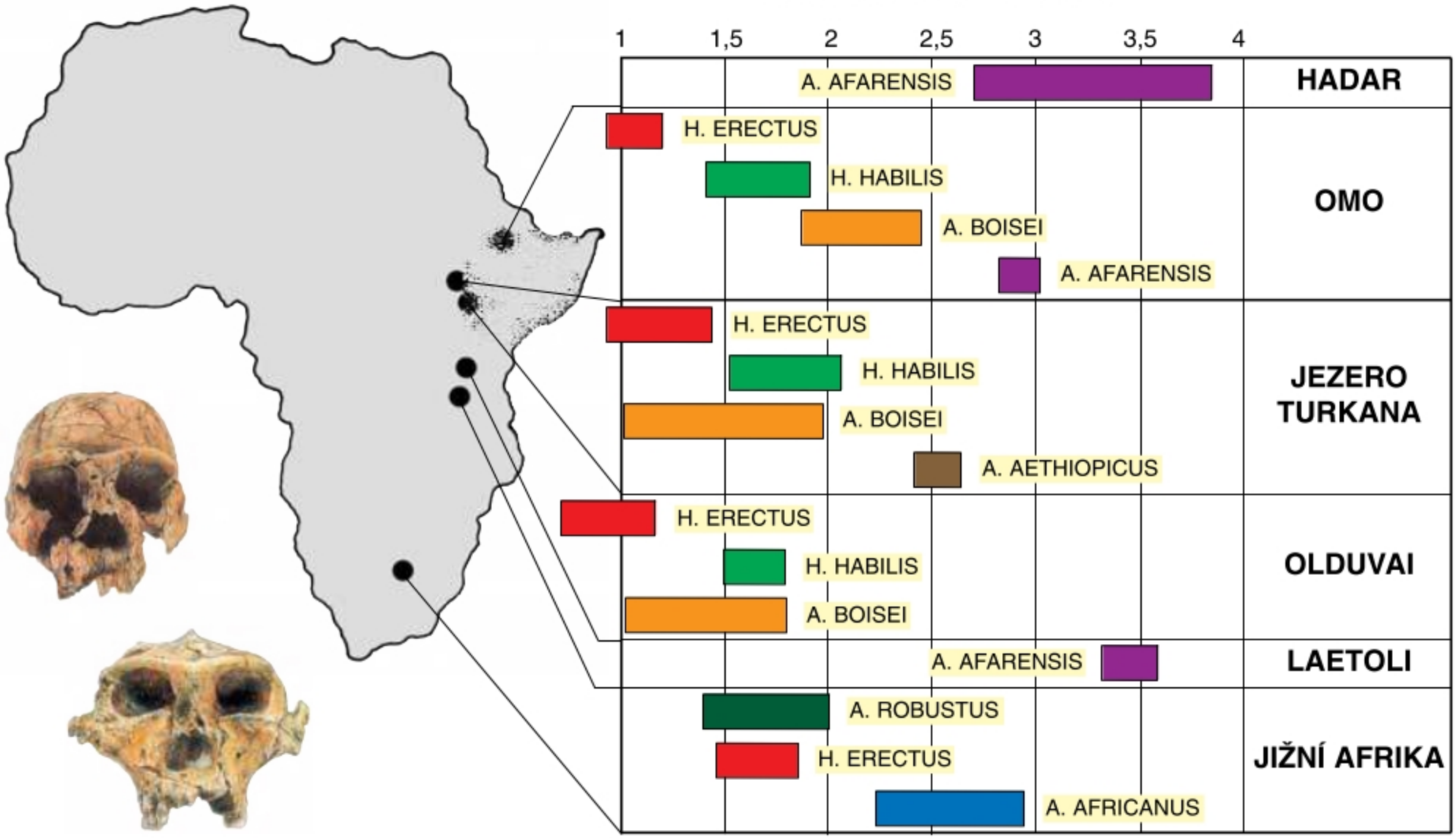




Homo habilis

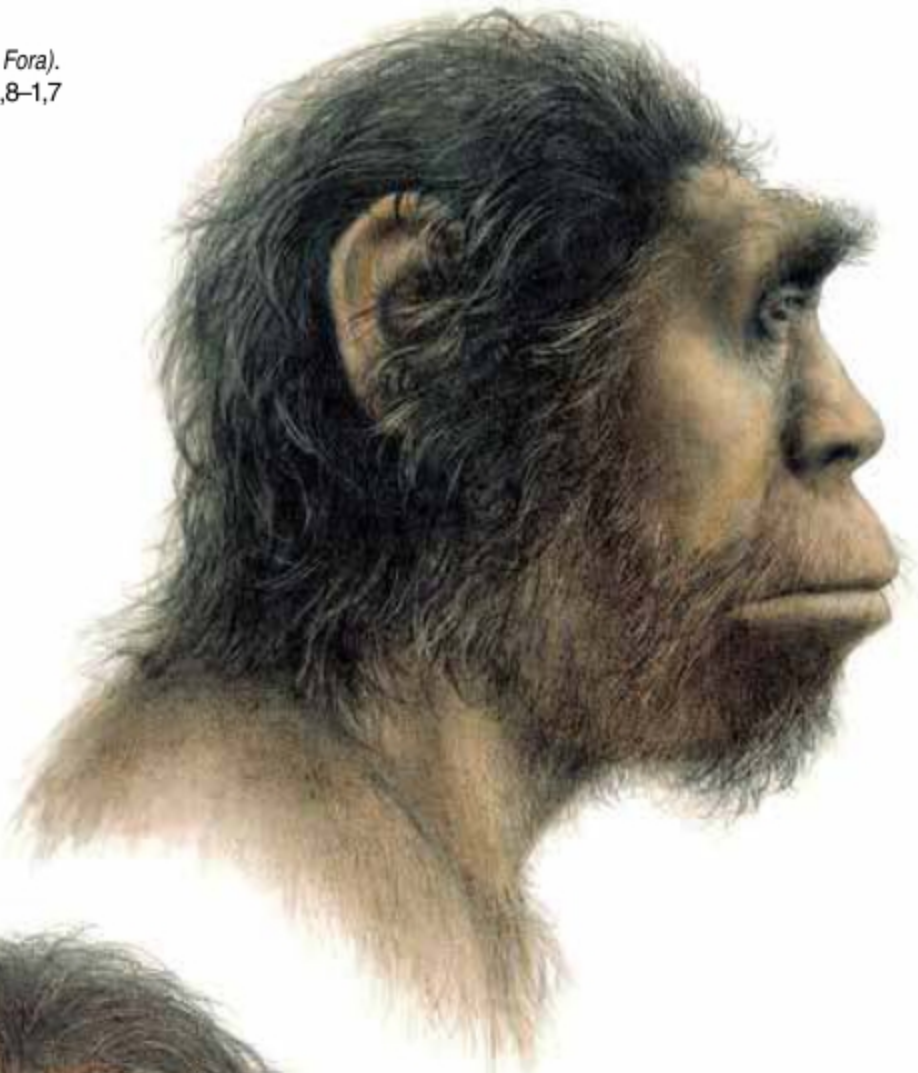
Jeho kosterní zbytky byly nalezeny v Olduvaiské rokli v Tanzanii a v Koobi Fora na východním břehu jezera Turkana v Keni. Datují se do doby před 2 až 1 milionem let. Na obou lokalitách se nacházejí současně i zbytky australopitéků a forem Homo erectus. Nálezy kostí jsou doprovázeny nálezy nástrojů.

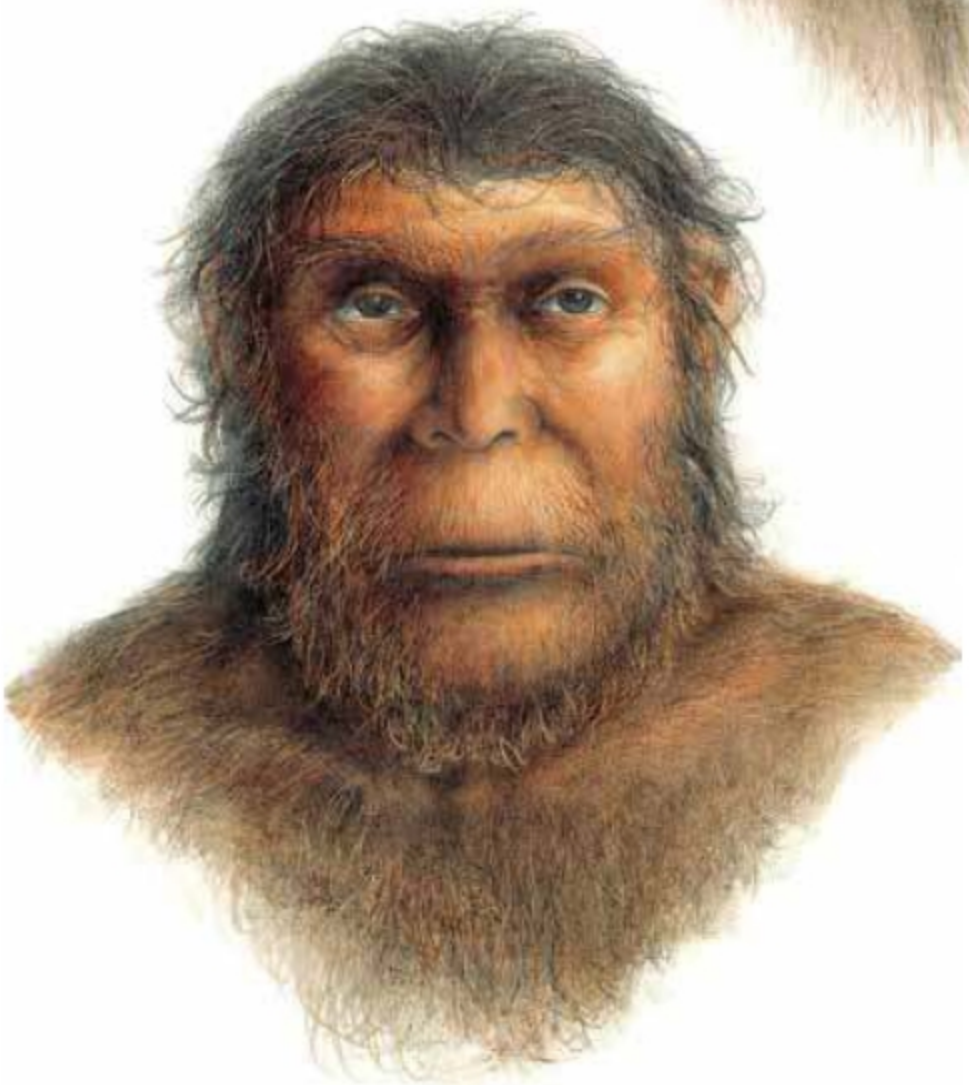
VÝZNAMNÁ NALEZIŠTĚ RANÝCH HOMINIDŮ RODŮ AUSTRALOPITHECUS A HOMO V AFRICE



Homo erectus

Kosterní zbytky pocházejí z Keni *(Koobi Fora)*. Jejich geologické stáří se odhaduje na 1,8–1,7 milionu let.

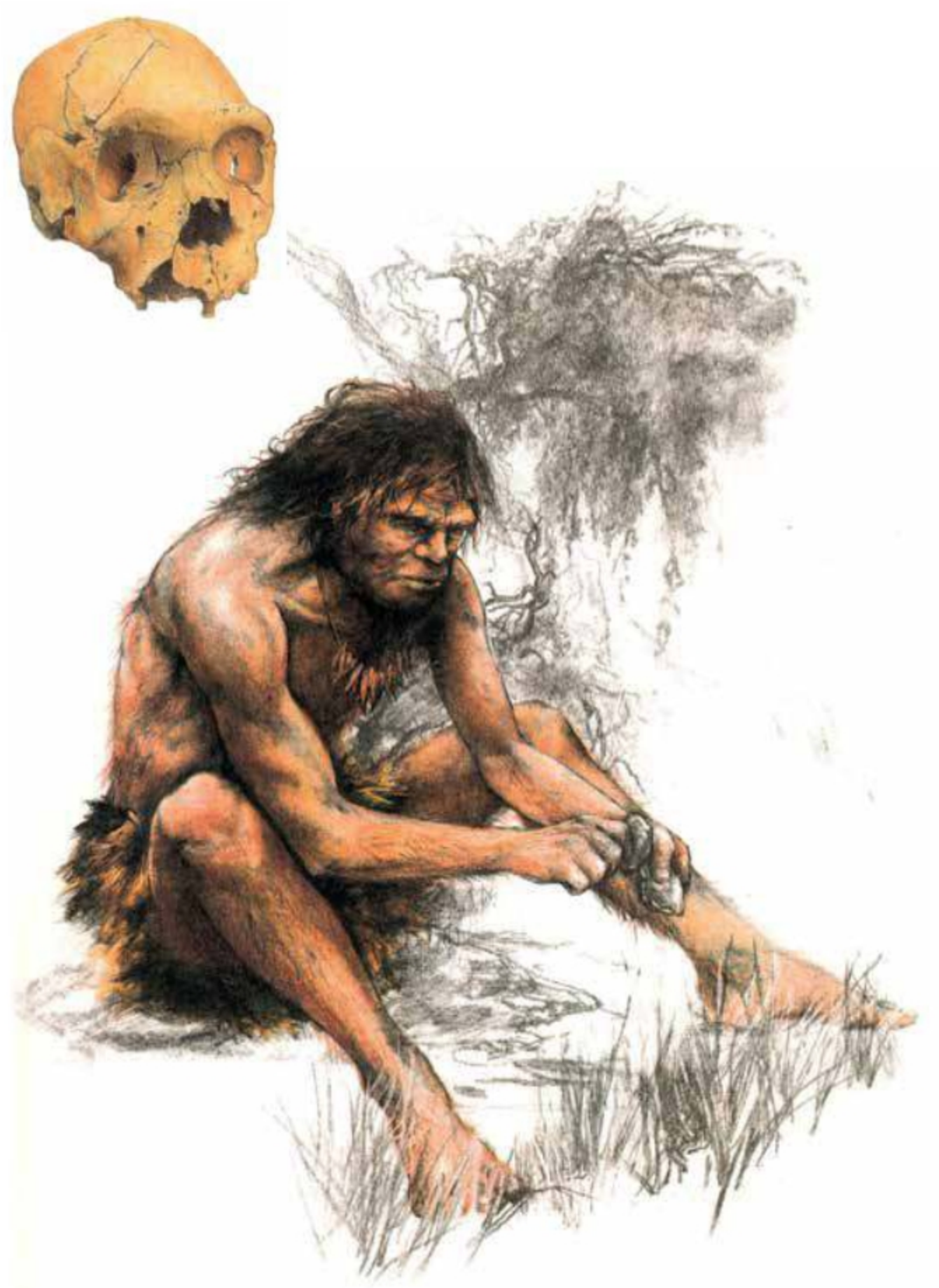




archaický Homo sapiens

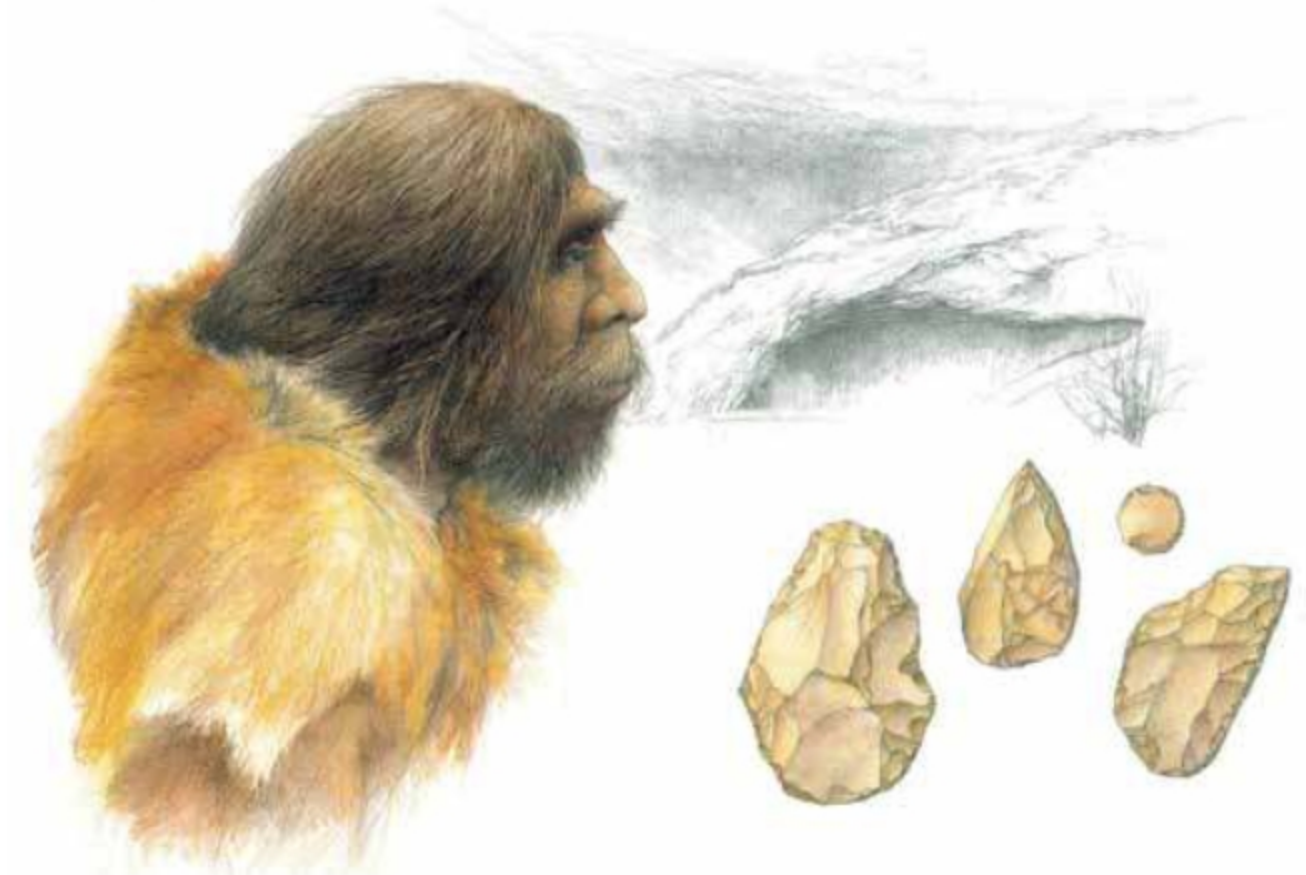
Nález lebky pochází z Jihozápadní Francie *(jeskyně Arago u Tautavelu)*. Geologické stáří se odhaduje na 423 000–303 000 let. Silné kosti tvořící lebku jsou typické pro Homo erectus, odhadnutá mozková kapacita *(1235 cm^3)* a zakulacený týl ukazují na Homo sapiens.

Archaický Homo sapiens z Atapuerky



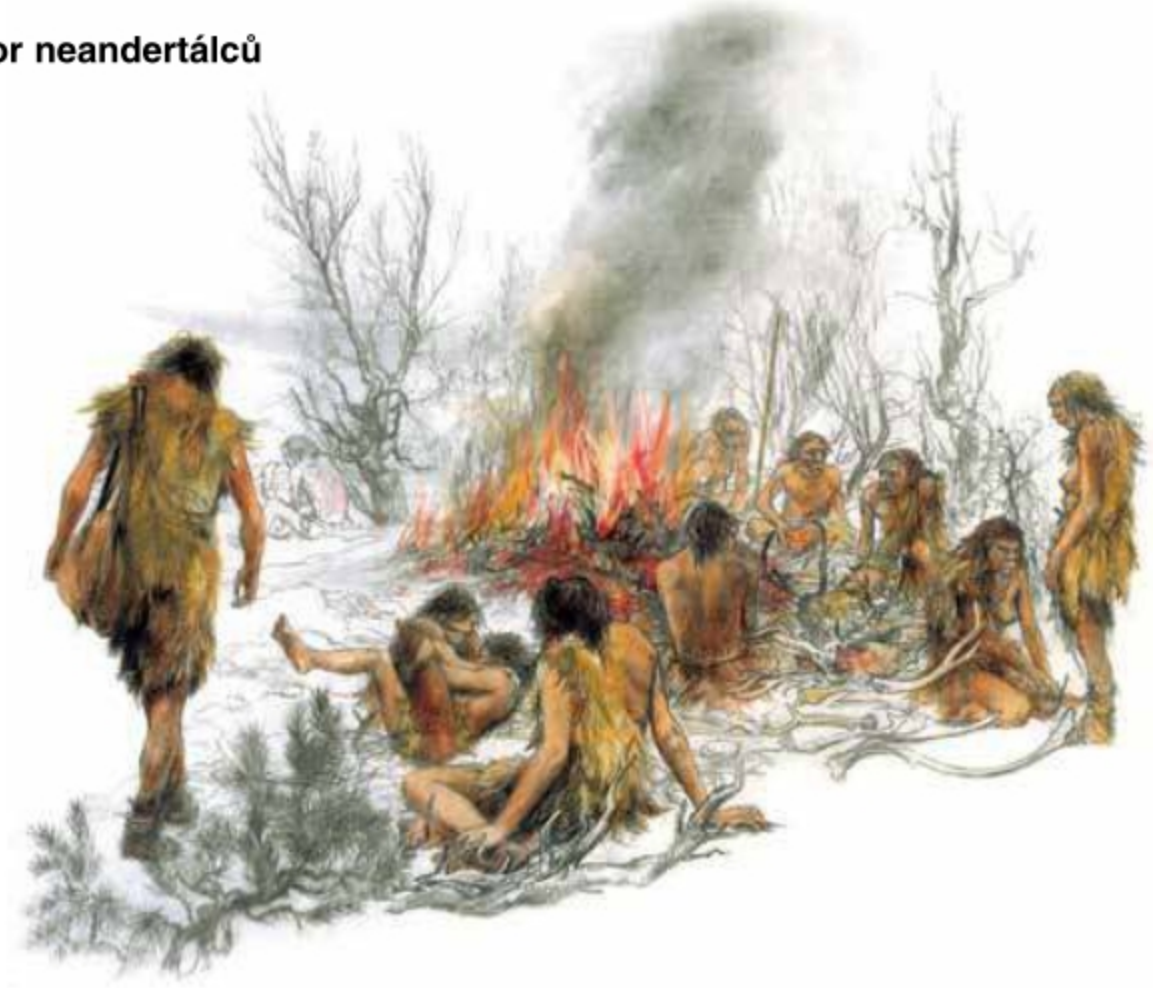
Kostrové pozůstatky nejméně 24 jedinců pocházejí z jeskyně Sima de los Huesos ve Španělsku. Mozkovny těchto nálezů mají objem 1125–1300 cm^3. Jejich stáří se odhaduje na 300 000 let.

Homo sapiens neandertalensis



V jeskyni Šipka na vrchu Kotouč v blízkosti Štramberku byl nalezen úlomek dolní čelisti. Spolu s ní byly nalezeny kamenné nástroje.

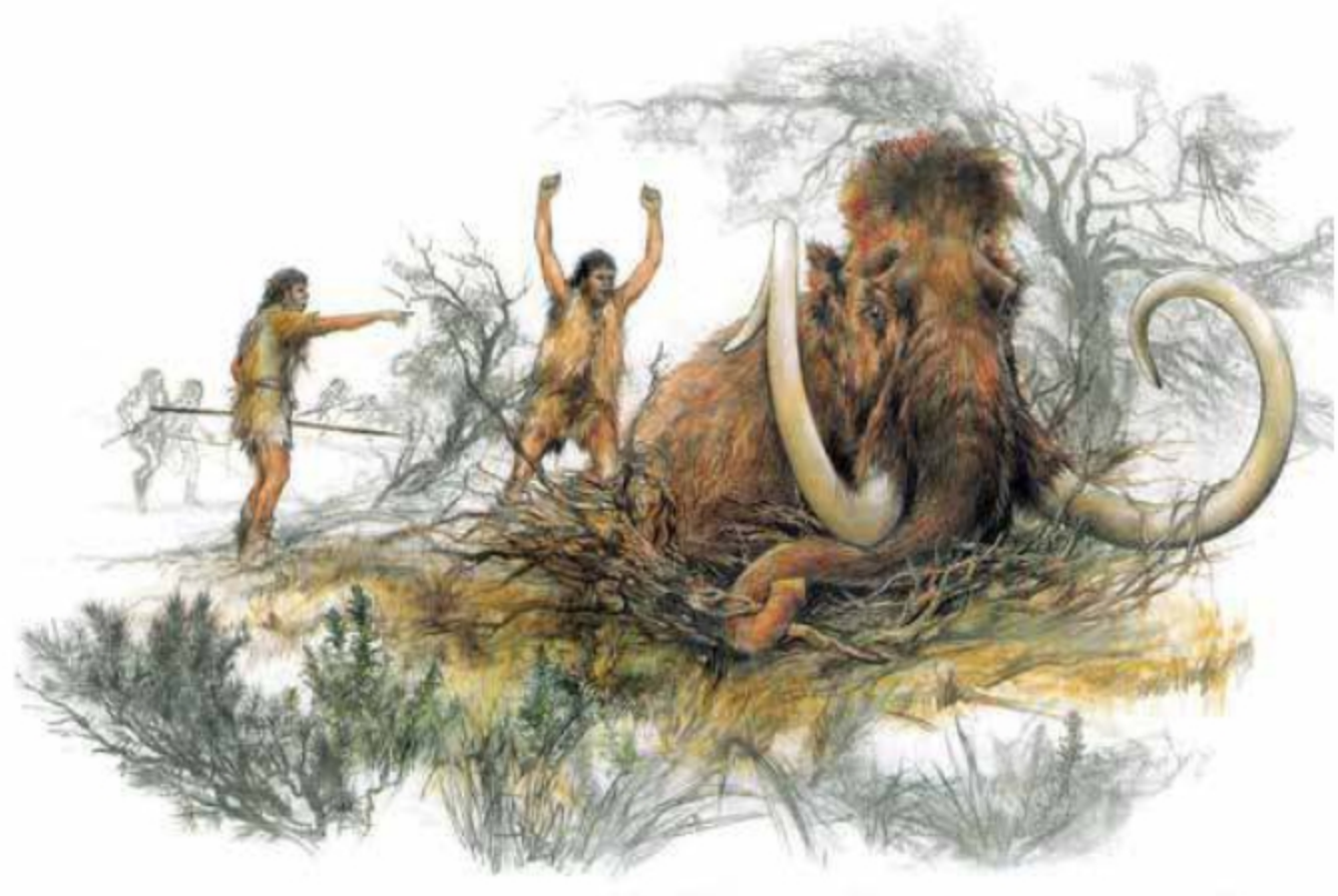
Tábor neandertálců



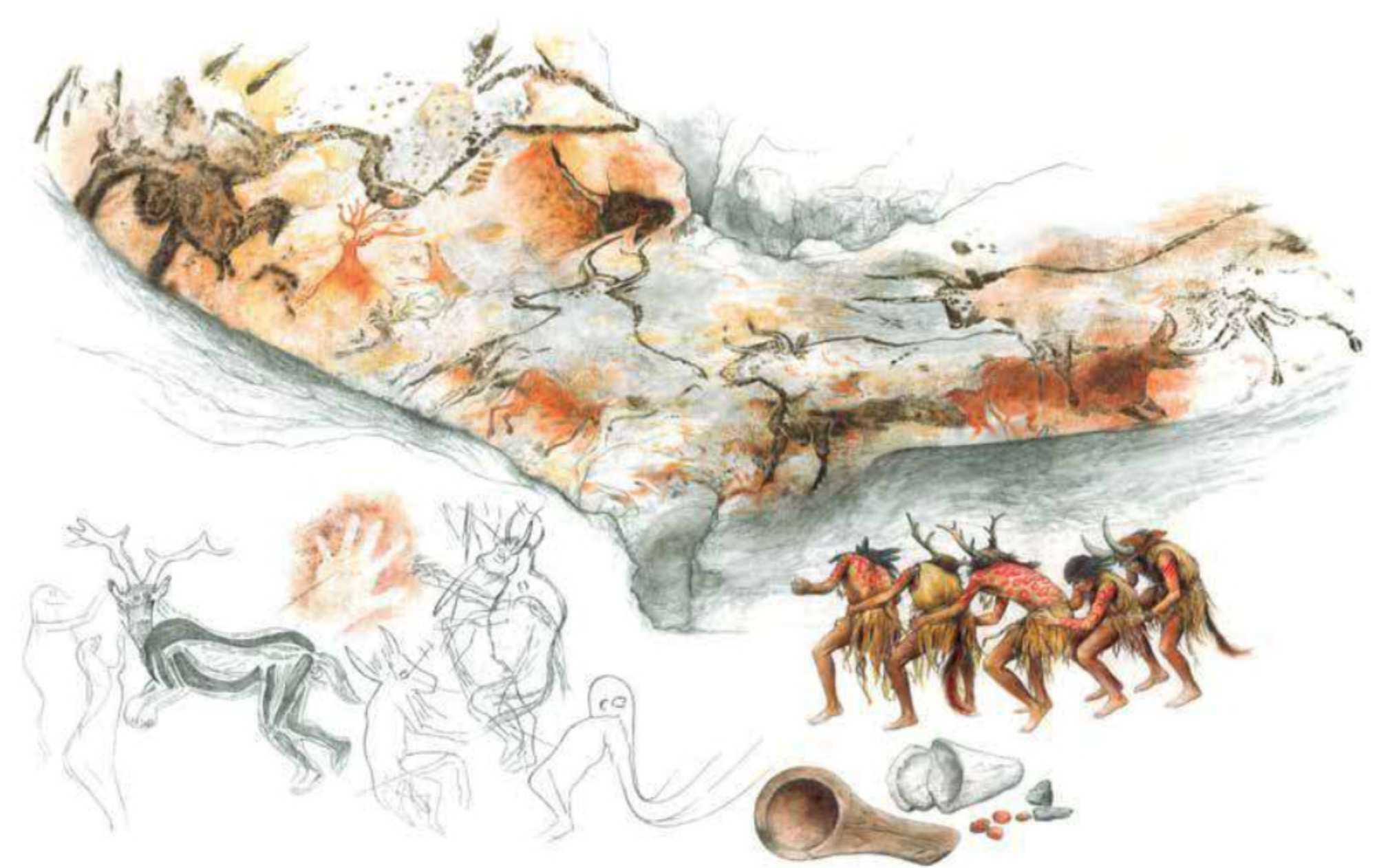
Neandertálský člověk *(Homo sapiens)*

Obýval jeskyně, vyráběl nástroje a užíval oheň. Znal barvy a jistě jimi zdobil své zbraně, příbytky a těla. Z kostrových nálezů pocházejících z „Velké jeskyně Šanidár“ v pohoří Lagros v Iráku je patrmné, že své mrtvé pohřbíval.

Člověk předvěký, Homo sapiens sapiens *(lovec mamutů)*

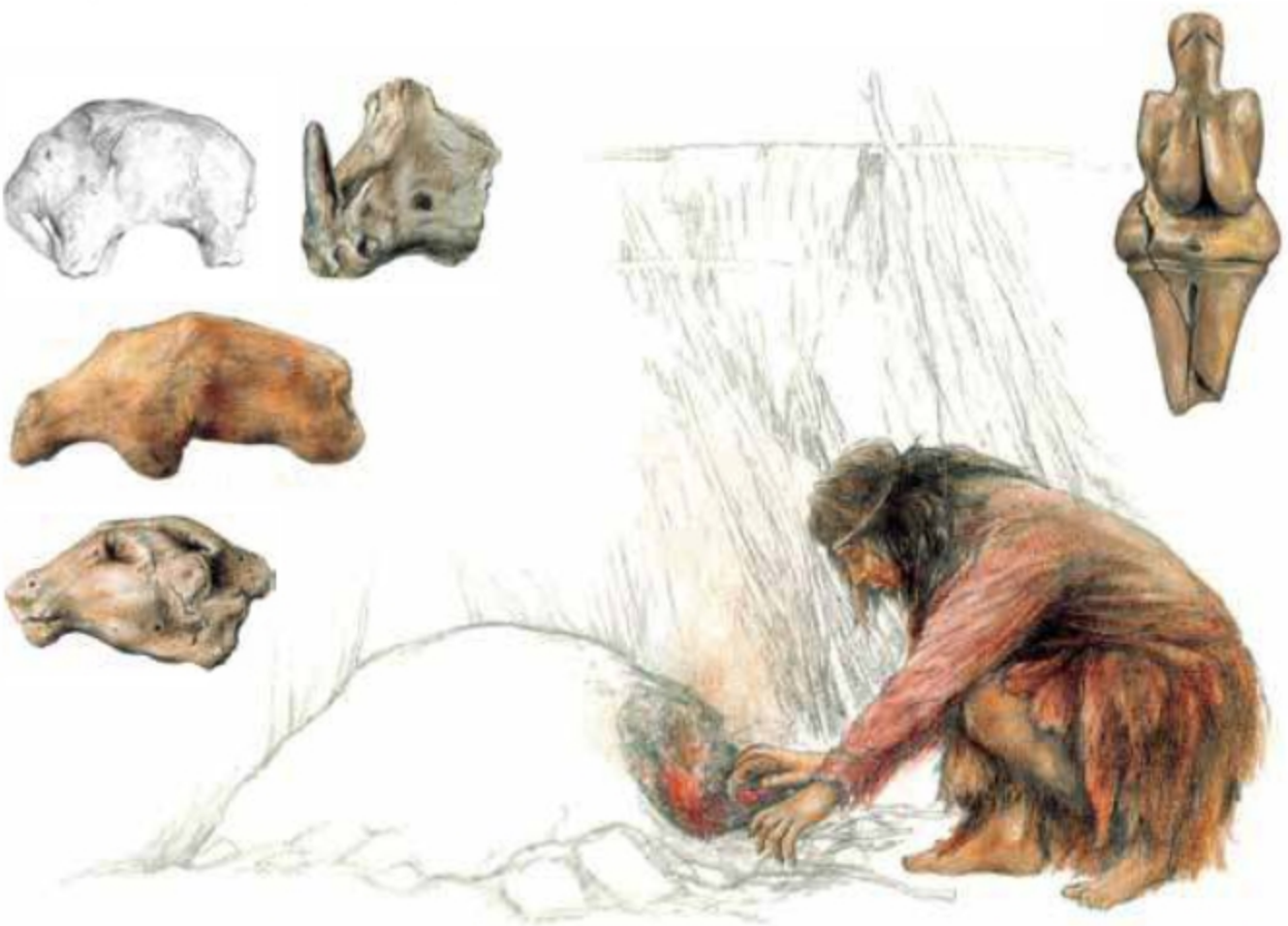


Člověk předvěký, Homo sapiens sapiens *(lovec sobů)*



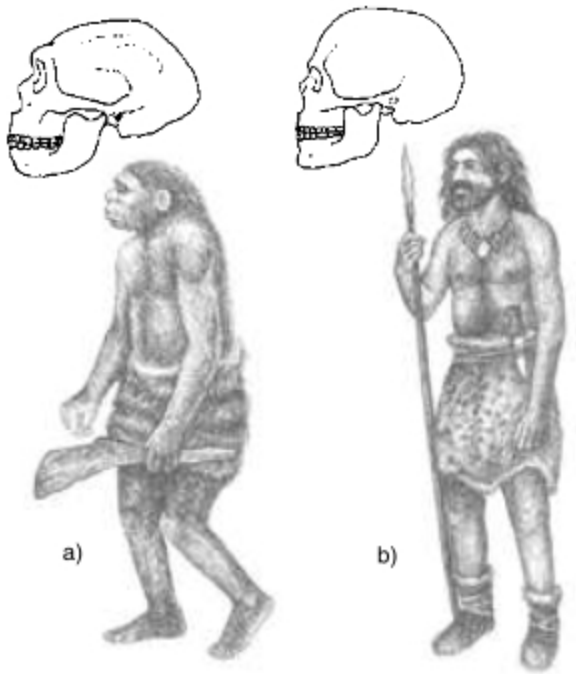
Velké zkušenosti, lovecká taktika a vhodné nástroje zajišťovaly mladopaleolitickým lovcům a sběračům snadnější získávání potravy. Volný čas mezi sběrem a lovem vyplňovali malováním výjevů z přírody na stěny skal, tvarováním kamenů a kostí. Svá díla započali asi před 40 000 lety. Součástí jejich existence se staly různé rituály.

Sošky zhotovené předvěkým člověkem



Zatímco v západní Evropě se z doby mladšího paleolitu zachovaly na stěnách jeskynní kresby, rytiny a plastiky znázorňující výjevy z přírody, z nalezišť ve východní Evropě pocházejí většinou sošky a figurky zhotovené z vápence, kostí, slonoviny a vypálené hlíny *(například z jižní Moravy pochází Věstonická Venuše a množství zvířecích figurek).*

Žena sešívající kůže



Srovnání lebky a tělesné stavby
a) klasického neandertálce, b) předvěkého člověka

ETNICKÁ ANTROPOLOGIE

se zabývá studiem proměnlivosti tělesných znaků a vlastností člověka *Homo sapiens* v prostoru a v čase. **Lidská plemena** vznikla jako následek postupného genetického rozlišování, k němuž docházelo po rozsáhlých migracích lidí v době ledové. Tehdejší velmi řídké osídlení a velké vzdálenosti vedly k izolaci skupin vystavených dlouhodobě rozdílným přírodním podmínkám. Rozdíly v pigmentaci vznikly pravděpodobně také jako přizpůsobení životnímu prostředí. Populace se světlou pletí žily původně zřejmě v oblastech s mírným až chladnějším podnebím, populace se žlutou pletí v oblastech tropických pralesů s vysokými srážkami a populace s tmavou pletí pak v oblastech bez lesů, se silným slunečním zářením. Z biologického hlediska se dnešní člověk jeví na celém světě jako **komplex populací**, vzniklý z jediné skupiny společných předků. Dlouhodobé izolace malých skupin jsou příčinou genetických posunů *(viz dále genetika)* a rozlišování populací téhož druhu na plemena *(rasy)*. Každé plemeno je vybaveno více těmi vlastnostmi, které nejlépe korespondují s prostředím, ve kterém žije. Rozdíly ve společensko-ekonomické a kulturní úrovni jsou způsobeny nerovnoměrným společenským vývojem. Teorie popírající rovnocennost plemen se označuje jako **rasismus**.

Z pohledu poznatků moderní vědy **se dělení lidí do ras a rasových skupin jeví jako neopodstatněné, zastaralé a vcelku zbytečné**. Průměrné biologické rozdíly mezi lidskými skupinami sice existují, ale rozsah individuálních schopností přizpůsobovat se neustále se měnícímu prostředí rozdílný není. Porovnáním těchto individuálních schopností uvnitř jedné rasy s vlastnostmi jiné rasy lze zjistit, že rozdíly v tomto směru neexistují – lidské rasy jsou si rovnocenné.

ORGÁNOVÉ SOUSTAVY

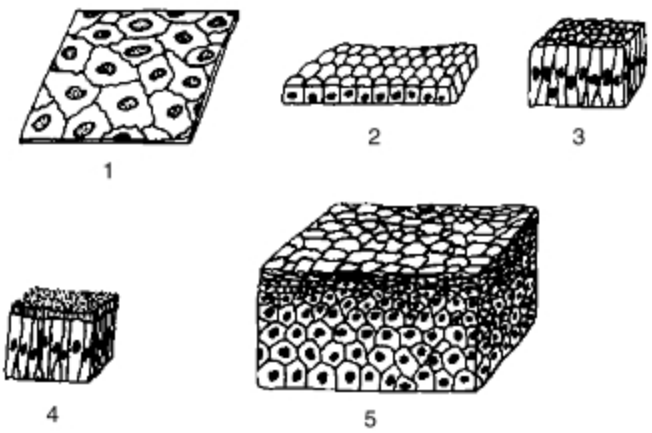
TKÁNĚ

jsou soubory buněk, vykonávající společnou hlavní funkci. Rozdělujeme je na:

- ❑ epitely,
- ❑ pojiva,
- ❑ tkáň svalovou,
- ❑ tkáň nervovou.

❑ EPITELY

jsou soubory buněk hustě k sobě přiřazených, pokrývajících povrch nebo vystýlajících dutiny. **Jednovrstevný epitel** má buňky uloženy v jedné vrstvě a podle **tvaru buněk** je buď **plochý, krychlový,** nebo **válcovitý. Mnohovrstevný epitel** má buňky uspořádány ve vrstvách.



Druh epitelů
1 – jednovrstevný plochý
2 – jednovrstevný kubický
3 – jednovrstevný válcovitý
4 – válcovitý řasinkový
5 – mnohovrstevný

Podle funkce rozdělujeme epitely na **krycí, výstelkové, žlázové** *(epitelové buňky vyměšují určité látky)*, **resorpční** *(epitelové buňky naopak vstřebávají určité látky)*, **smyslové** *(epitelové buňky jsou dráždivé)*.

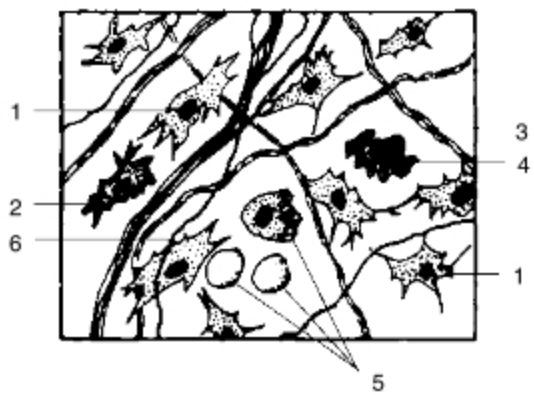
❑ POJIVA

jsou tkáně, které se kromě buněk skládají ještě z mezibuněčné hmoty, jíž může být takové množství, že určuje základní vlastnosti tkáně. Mezibuněčná hmota vzniká činností pojivových buněk. Rozlišujeme tři druhy pojiv:

- vazivo,
- tkáň chrupavkovou,
- tkáň kostní.

• **Vazivo** je měkká tkáň složená z nepravidelných cípatých nebo vřetenovitých buněk, uložených v polotekuté až rosolovité základní hmotě. V ní probíhají vlákénka – **vazivové fibrily:** jednak **kolagenní** fibrily, které se vařením rozpouštějí na klih, a jednak **elastické** fibrily, vaření odolávající. Některé vazivové buňky mohou v sobě hromadit tuk a měnit se na **buňky tukové**, jiné hromadí barvivo a mění se na **buňky pigmentové**. Jiné vazivové buňky, zvláště v blízkosti cév, vykonávají měňavkovitý pohyb a dovedou pohlcovat *(fagocytovat)* cizí částečky. Jsou to **histiocyty** a patří k retikuloendotelové soustavě *(viz oběhová soustava)*. Ve vazivu jsou roztroušeny **buňky žírné**, obsahující v cytoplazmě **heparin,** látku brzdící srážení krve. Podle množství buněk, množství a uspořádání fibril rozlišujeme různé druhy vaziva.

– **Řídké vazivo** s nečetnými fibrilami a hojnou mezibuněčnou hmotou. Je měkké, poddajné a tvoří výplně jiných tkání, tzv. *vmezeřené vazivo*.



Řídké vazivo
1 – buňky vazivové, 2 – histiocyt,
3 – svazek kolagenních fibril, 4 – buňka žírná,
5 – buňky vazivové s kapkami tuku,
6 – elastické fibrily

– **Tukové vazivo** je řídké vazivo, v jehož buňkách je nahromaděn tuk.

– **Tuhé vazivo** obsahuje četné fibrily zhuštěné do svazků. Je vláknité a tuhé. Drží pohromadě kosti, tvoří kloubní pouzdra a šlachy.

– **Lymfoidní vazivo** je síťovité. V síti vazivových buněk jsou nahromaděny bílé krvinky *(lymfocyty)*.

Vazivo je zásobeno krví prostřednictvím cév. Řezné rány vazivem se dobře hojí.

• **Chrupavka** je pevná, bílá nebo nažloutlá. Obsahuje okrouhlé buňky, uložené buď jednotlivě, nebo po několika v komůrkách pevné základní hmoty. Fibrily nejsou v této hmotě patrné ***(chrupavka sklovitá)*** nebo lze pozorovat vazivové fibrily ***(chrupavka vazivová)*** nebo fibrily elastické ***(chrupavka elastická)***. Chrupavka povléká kloubní konce kostí, tvoří hrtan, přední konce žeber, tvoří vložky mezi obratly *(meziobratlové destičky)*, je ve stěnách průdušnice, průdušek, v ušním boltci, přepážce nosní. Chrupavka je téměř bez cév. Řezné rány chrupavkou se nehojí.

Chrupavčitá tkáň
a) chrupavka sklovitá *(hyalinní)*,
b) chrupavka elastická s elastickými fibrilami,
c) chrupavka vazivová s kolagenními fibrilami

• **Kost** je tvrdé pojivo, jehož základní hmota je prostoupena fosforečnanem a uhličitanem vápenatým. Ústrojnou pružnou látkou je **ossein**. Kosti dětí obsahují hodně osseinu, a jsou proto pružné a poddajné. Během života přibývá vápenatých solí, kosti jsou pevné, ale ztrácejí pružnost; ve stáří jsou křehké a snadno se lámou. Kost je hojně prostoupena krevními cévami, a proto se poraněné kosti dobře hojí.

❑ TKÁŇ SVALOVÁ

je tvořena protáhlými jednotkami, které se na podráždění smršťují. Vyskytuje se v těle ve třech druzích:

• **Svalstvo hladké**, tvořené protáhlými jednojadernými buňkami vzájemně spojenými jemným vazivem. Buňky obsahují v cytoplazmě jemná, smrštitelná vlákna – *myofibrily*. Hladké svalstvo tvoří převážnou část trávicí soustavy, stěny dělohy, močového měchýře; je roztroušeno v kůži. Pracuje nezávisle na naší vůli, je inervováno vegetativními nervy.

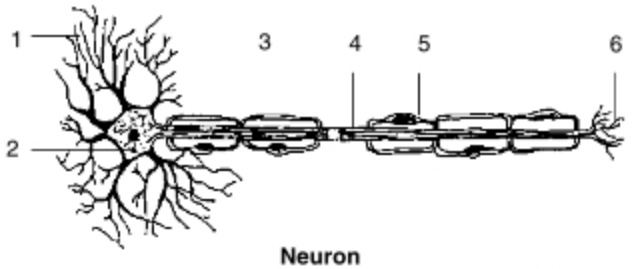
• **Svalstvo příčně pruhované** se skládá ze svalových vláken, která jsou mnohojaderná, dlouhá 1 mm až několik centimetrů. Už při slabém zvětšení lze na vlákně pozorovat pravidelně se střídající světlé a tmavé úseky. Vlákno totiž obsahuje velké množství myofibril tvořených dvěma typy bílkovin s rozdílnou světelnou lomivostí. Jeho činnost je ovládána vůlí, je řízena míšními a mozkovými nervy a je pod kontrolou mozkové kůry. Tvoří svaly kosterní, svaly jazyka a hltanu.

• **Svalstvo srdeční** je rovněž příčně pruhované, ale složené z jednojaderných až dvoujaderných úseků, spojených šikmými můstky. Smršťuje se rytmicky, nezávisle na vůli, je řízeno vegetativními nervy.

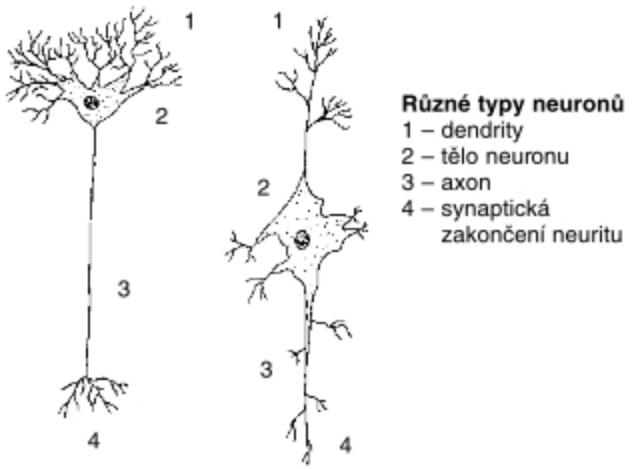
Typy svaloviny
1 – svalovina hladká, 2 – svalovina příčně pruhovaná, 3 – svalovina srdeční

❑ TKÁŇ NERVOVÁ

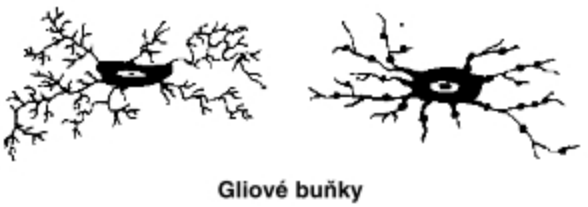
se skládá z bohatě rozvětvených nervových buněk *(neuronů)*, vedoucích vzruchy. Výplň mezi nervovými buňkami tvoří drobné, bohatě rozvětvené buňky – **neuroglie** ***(glie)***. Tyto buňky vyživují neurony a odvádějí odpadní látky metabolismu v nervové tkáni. Okolo dlouhých výběžků neuronů tvoří glie ochranný obal ***(Schwannovu pochvu)***, pod kterou se na mnohých vláknech vytváří **myelinová pochva**. Nervová vlákna s myelinovou pochvou jsou bílá, bez ní jsou šedá. Nervové buňky se množí jen během nitroděložního vývoje, buňky později zničené nemohou být nahrazeny; přeťatá nervová vlákna však znovu srůstají.



Neuron
1 – dendrity, 2 – tělo neuronu, 3 – myelinová pochva, 4 – neurit, 5 – Schwannova pochva, 6 – výběžky neuritu



Různé typy neuronů
1 – dendrity
2 – tělo neuronu
3 – axon
4 – synaptická zakončení neuritu



Gliové buňky

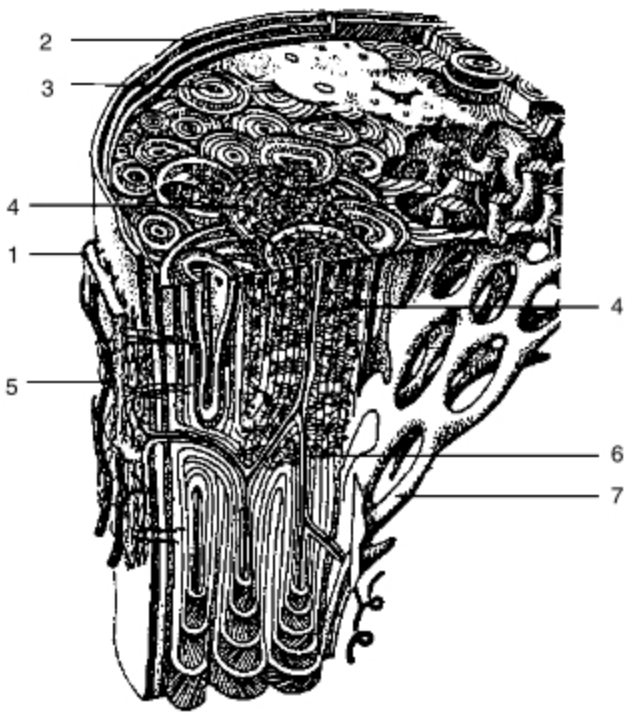
SOUSTAVA KOSTERNÍ

tvoří pevnou oporu těla, je pasivním hybným aparátem a na některých místech těla tvoří ochranná pouzdra pro jiné orgány. Tvoří ji více než 200 kostí.

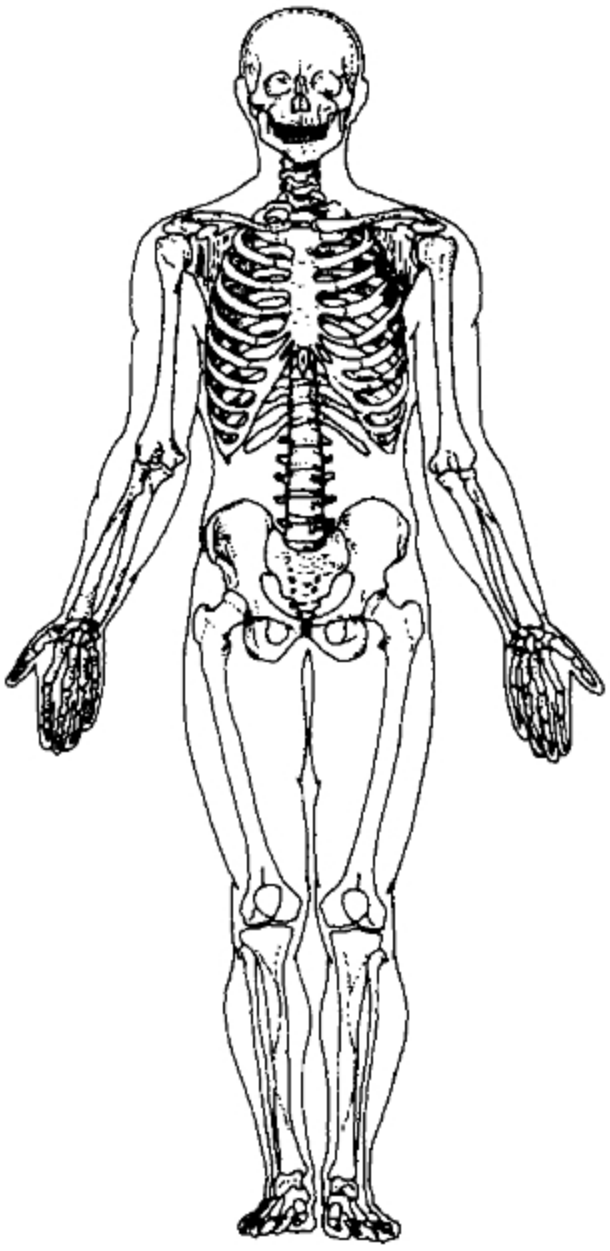
• **Povrch kosti** kryje na kloubních plochách **chrupavka**, ostatní povrch kosti kryje vazivová blána **okostice** *(periost)*. Okostice je bohatě protkána nervy a cévami, které vnikají do kosti, větví se do **Haversových kanálků** a zajišťují výživu a inervaci kostní tkáně. Vnitřní vrstva okostice obsahuje **kostitvorné buňky**, jejichž činností se vytváří kostní hmota a kost roste do tloušťky.

• **Vnitřní stavba kosti** je patrná na průřezech. Na příčném průřezu lze pozorovat uspořádání základní hmoty do lamel, vytvářejících soustředěné ploténky kolem cévních kanálků. V dutinkách mezi lamelami jsou **kostní buňky** *(osteocyty)*.

• **Střední část kosti** tvoří **kost hutná** *(kompaktní)*. K oběma koncům přechází kost hutná v hustou trámčinu – **kost houbovitou** *(spongiosní)*. Dlouhé kosti jsou ve své střední části duté. Dutiny a trámčina jsou vyplněny **kostní dření**. Je to **krvetvorná tkáň**, tvoří se v ní červené a bílé krvinky. Má červenou barvu. V dospělém věku dřeň v dutinách dlouhých kostí žloutne, ztrácí krvetvornou schopnost, usazuje se v ní tuk. Krvetvornou schopnost si uchovává dřeň v plochých a krátkých kostech.



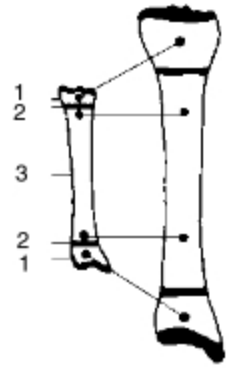
Stavba kosti
1 – okostice, 2 – plášťové lamely, 3 – trubicové lamely *(Haversovy)*, 4 – kostní buňky, 5 – cévy a nervy okostice, 6 – cévy lamel, 7 – trámčina



Kostra člověka

❑ VÝVOJ A RŮST KOSTÍ

Většina kostí vzniká z chrupavky a jen kosti lební klenby jsou z vaziva. Přeměna těchto pojivových tkání v kost se nazývá **kostnatění** *(osifikace)*. Osifikace začíná tím, že do chrupavčitého základu vniknou cévy a podél nich **kostitvorné buňky** *(osteoblasty)*. Vytvoří se **jádro kostní tkáně** *(osifikační centrum)*, ze kterého osifikace postupuje k okrajům. U dlouhých kostí se střední část označuje jako **diafýza**, konce jako **epifýzy**. Mezi diafýzou a epifýzami jsou **růstové epifyzární chrupavky**. Jejich činností roste kost do délky. Růstové chrupavky okolo 20. roku věku kostnatějí a růst kostí do délky se zastavuje.



Růst dlouhých kostí
1 – epifýza, 2 – epifyzární chrupavka, 3 – diafýza

❑ SPOJENÍ KOSTÍ

• **Pevné**, uskutečněné jinou pojivovou tkání *(vazivem, chrupavkou)*, nebo mohou kosti druhotně srůst.

• **Dotykem**, tj. pohyblivé spojení kloubní. Kloub je spojení dvou nebo více kostí dotykem na styčných plochách.

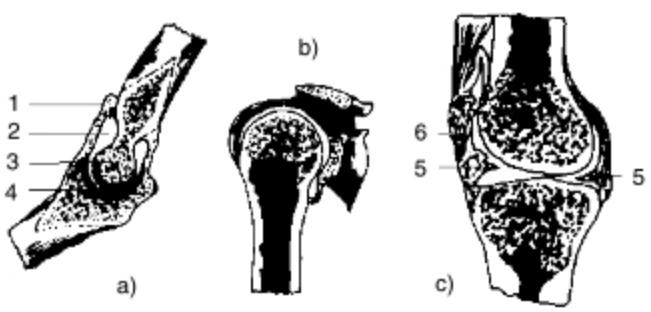
Ze styčných ploch je obvykle jedna vypouklá ***(kloubní hlavice)***, druhá vydutá ***(kloubní jamka)***. Styčné plochy jsou chrupavčité. Po obvodu styčných ploch jsou kosti spojeny vazivovým **kloubním pouzdrem**. Na vnitřní straně má kloubní pouzdro **synoviální vrstvu**, produkující **kloubní maz** ***(synovii)***. Kloubní maz má několik funkcí:

– zmenšuje tření na styčných plochách;

– obsahuje živné látky pro chrupavky styčných ploch;

– zajišťuje pevné přilnutí kloubních ploch k sobě.

V **kloubech jednoduchých** se stýkají dvě kosti, v **kloubech složených** se stýkají více než dvě kosti nebo jsou mezi ně vsunuty pohyblivé **chrupavčité destičky** *(např. v kloubu kolenním)*, vyrovnávající nesrovnalosti v zakřiveních styčných ploch a zároveň umožňující současné provádění dvou různých pohybů v kloubu *(např. ohýbání a otáčení)*.



Řez kloubem (a, b, c)
1 – kloubní pouzdro, 2 – kloubní maz,
3 – kloubní hlavice, 4 – kloubní jamka
b) řez ramenním kloubem, c) – řez kolenním kloubem
5 – chrupavčité kloubní destičky *(menisky)*, 6 – čéška

Podle tvaru zakřivení styčných ploch se rozlišují různé druhy kloubů, např.:

– **Klouby kulovité**, jejichž hlavice i jamky jsou úseky kulové plochy. Pohyb v těchto kloubech je možný všemi směry *(kloub ramenní)*.

– **Klouby válcové**, jejichž hlavice a jamky jsou úseky válce. Pohyb je možný jen ve směru natažení a ohnutí. Klouzání ke stranám zabraňují postranní vazy kloubního pouzdra *(články prstů)*.

– **Klouby kladkové**, které jsou odvozeny od kloubů válcových. Na vypouklé styčné ploše je vytvořena rýha a na druhé styčné ploše jí odpovídající hrana *(styčné plochy mezi kostí pažní a loketní)*.

Rozlišujeme ještě další typy kloubů: **elipsoidní, sedlové** a **klouby tuhé**, mající styčné plochy skoro rovné a jen velmi krátké kloubní pouzdro. Pohyblivost v kloubu je malá *(spojení výběžků obratlů, spojení kosti křížové s kostmi kyčelními)*.

❑ KOSTRA ČLOVĚKA

má tři části: 1. kostru trupu,
2. kostru hlavy,
3. kostru končetin.

1. KOSTRU TRUPU

tvoří **páteř** sestavená z obratlů, **žebra** a **hrudní kost.**

• **Páteř** *(columna vertebralis)* tvoří pevný, ale ohebný a pohyblivý celek. Skládá se ze 7 obratlů krčních, 12 hrudních, 5 bederních, z kosti křížové, vzniklé srůstem 5 obratlů, a z kosti kostrční, vzniklé srůstem 4 až 5 obratlů.

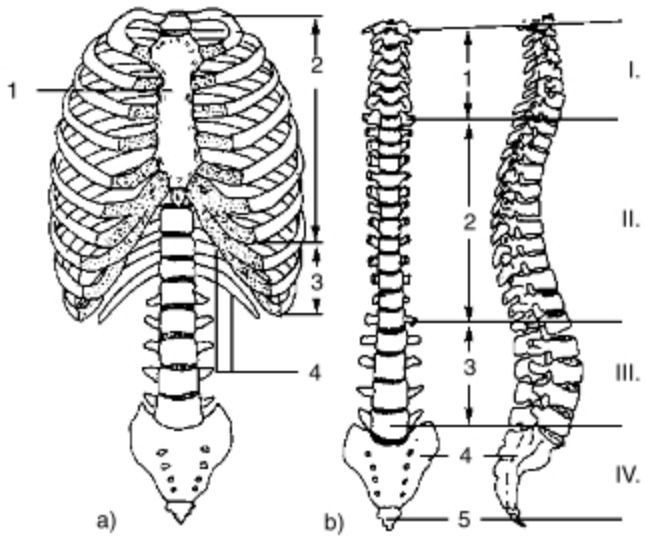
– **Obratle krční** *(vertebrae cervicales)* mají nízká těla a v příčných výběžcích otvor. Trny krčních obratlů jsou rozvidlené, až na poslední sedmý, jehož silný trn nápadně vyčnívá a je na těle viditelný a hmatný. První krční obratel – **nosič** *(atlas)* nemá tělo, je tvořen dvěma oblouky, na jejichž horní straně jsou dvě kloubní jamky. Na nich kloubně, hrboly týlní kosti, spočívá lebka. Toto kloubní spojení umožňuje kývavé pohyby hlavy. Druhý obratel – **čepovec** *(axis)* má na horním okraji těla čep, opírající se o přední oblouk nosiče. Umožňuje otáčivé pohyby hlavy.

– **Obratle hrudní** *(vertebrae thoracicae)* mají výběžky trnové ostré, šikmo dolů skloněné. Na příčných výběžcích mají jamky pro skloubení s žebry.

– **Obratle bederní** *(vertebrae lumbales)* mají velmi objemná a vysoká těla, výběžky trnové mají přibližně tvar čtyřhranných destiček.

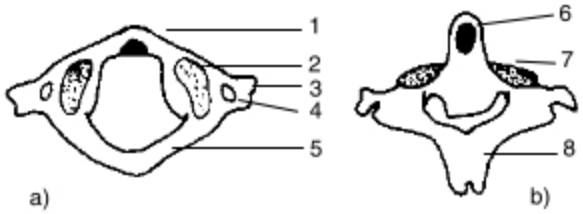
– **Kost křížová** *(os sacrum)* se připojuje bočně tuhými klouby ke kostem kyčelním. Vpředu i vzadu má 4 páry otvorů, kterými vystupují nervy.

Při pohledu ze strany je páteř typicky zakřivena. Střídají se prohnutí dopředu – **lordosy** *(krční a bederní)* s prohnutím dozadu – **kyfosou** *(hrudní a křížovou)*. Vychýlení páteře do strany se označuje jako bočitost ***(skoliosa)*** páteře.

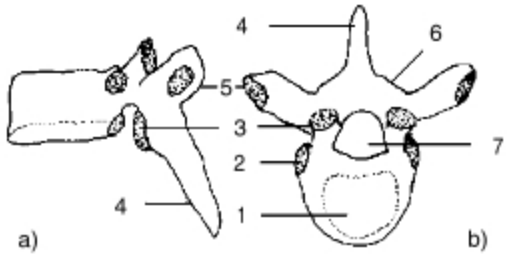


a) **Kostra trupu**
1 – hrudní kost, 2 – žebra pravá,
3 – žebra nepravá, 4 – žebra volná

b) **Pohled na páteř zpředu a z boku**
1 – obratle krční, 2 – obratle hrudní, 3 – obratle bederní,
4 – kost křížová, 5 – kost kostrční,
I. a III. lordosy krční a bederní, II. a IV. kyfosy hrudní a křížová



První dva obratle krční
a) atlas, b) čepovec
1 – přední oblouk s jamkou pro zub čepovce,
2 – jamka pro kloubní hrbol čepovce, 3 – příčný výběžek,
4 – otvor v příčném výběžku, 5 – zadní oblouk, 6 – zub čepovce,
7 – postranní plocha pro spojení s nosičem, 8 – trnový výběžek



Obratel hrudní
a) pohled ze strany, b) pohled shora
1 – tělo obratle, 2 – kloubní ploška pro hlavici žebra,
3 – horní kloubní výběžek, 4 – trnový výběžek,
5 – příčný výběžek s jamkou pro hrbolek žebra,
6 – oblouk obratlový, 7 – otvor obratlový

• **Žebra** *(costae)* jsou obloukovité kosti, jejichž zadní konce se připojují kloubně dvakrát k obratlům: k tělu obratle a k příčnému výběžku. Přední konce prvních 7 párů žeber se připojují svými chrupavkami k hrudní kosti *(žebra pravá)*, další 3 páry se připojují svými chrupavkami na chrupavky žeber předcházejících, *(žebra nepravá),* a 2 páry jsou žebra volná, končící svými chrupavkami ve svalové stěně břišní.

• **Hrudní kost** *(sternum)* se skládá z rukojeti *(manubrium)*, k níž se kloubně připojují kosti klíční, z podlouhlého těla *(corpus)* a mečovitého výběžku *(processus xiphoideus).*

Žebra, kost hrudní a **hrudní obratle** tvoří kostěný podklad hrudníku. **Hrudník** *(thorax)* uzavírá dutinu hrudní, chránící především plíce a srdce

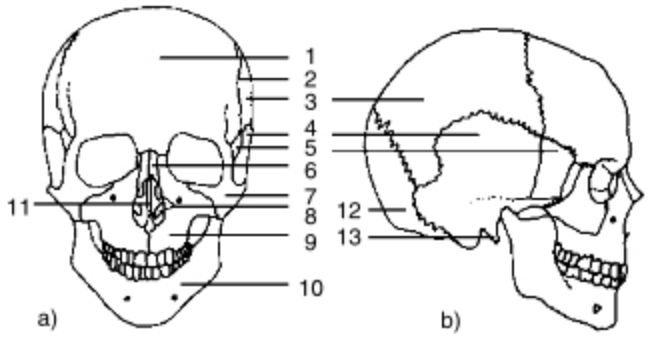
2. KOSTRA HLAVY

se dělí na: • část mozkovou,
• část obličejovou.

• **Mozková část** lebky má **spodinu lební**, kterou tvoří **kost týlní** *(os occipitale)*, **kost klínová** *(os sphenoidale)*, dvojice **kostí spánkových** *(ossa temporalia)* a **kost čichová** *(os ethmoidale).* **Klenbu lební** tvoří **kost čelní** *(os frontale)* a dvě **kosti temenní** *(ossa parietalia).*

• **Obličejová část** lebky zahrnuje: 2 **kosti nosní** *(ossa nasalia)*, 2 **kosti slzní** *(ossa lacrimalia),* 2 **horní čelisti** *(maxillae)*, 2 **kosti lícní** *(ossa zygomatica)*, 2 **kosti patrové** *(ossa palatina)*, **kost radličnou** *(vomer)* **dolní čelist** *(mandibula)*. Její ramena vybíhají ve dva výběžky: přední výběžek pro úpon spánkového svalu a zadní výběžek s hlavičkou, zasazený do jamky čelistního kloubu na spánkové kosti. Mezi hlavičku a styčnou plošku spánkové kosti je vsunuta chrupavčitá vložka, takže jde o složený kloub.

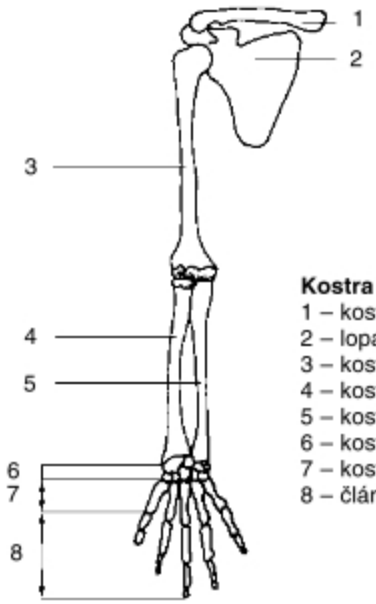
• **Jazylka** *(os hyoideum)* je kost tvaru rozevřeného písmena U, zavěšená vazy na bodcovité výběžky kosti spánkové. Na jazylce je zavěšen hrtan.



Kostra hlavy
a) pohled zepředu:
1 – kost čelní, 2 – šev věncový, 3 – kost temenní,
4 – kost spánková, 5 – kost klínová, 6 – kost nosní, 7 – kost lícní,
8 – skořepy nosní, 9 – horní čelist, 10 – dolní čelist,
11 – nosní přepážka
b) pohled z boku:
12 – kost týlní, 13 – bodcovitý výběžek kosti spánkové

3. KOSTRA KONČETIN

• **Kostra horní končetiny** je připojena pomocí **pletence lopatkového** ke kostře trupu. Pletenec je tvořen **lopatkou** *(scapula)* a **kostí klíční** *(clavicula).* **Kost pažní** *(humerus)* má na horním konci hlavici, zapadající do jamky lopatky. Její dolní konec je rozšířen ve dva výběžky: hlavičku pro kost vřetenní a kladku pro kost loketní. **Kost loketní** *(ulna)* má na horním konci **výběžek loketní** *(olecranon)* a na dolním konci hlavičku. **Kost vřetenní** *(radius)* má na horním konci hlavičku a na dolním konci jamku pro kůstky zápěstní. **Ruku** tvoří 8 **kůstek zápěstních** *(ossa carpi)*, 5 **kůstek záprstních** *(ossa metacarpalia),* končících hlavičkami, k nimž se přiřazují **články prstů** *(falangy)*, a to na palci dva, na ostatních prstech tři články.

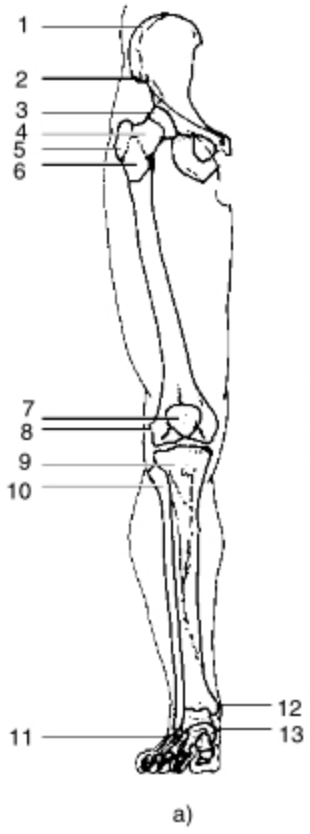


Kostra horní končetiny
1 – kost klíční
2 – lopatka
3 – kost ramenní
4 – kost vřetenní
5 – kost loketní
6 – kosti zápěstní
7 – kosti záprstní
8 – články prstů

• **Kostra dolní končetiny** se připojuje ke kostře trupu **pletencem pánevním**, tvořeným dvěma **kostmi pánevními** *(ossa coxae).* Pánevní kost se skládá ze 3 kostí: z **kosti kyčelní** *(os ilium)* lopatkovitého tvaru s hlubokou jamkou kyčelního kloubu na zevní straně, **kosti stydké** *(os pubis)* a **kosti sedací** *(os ischii).* Obě kosti lemují **ucpaný otvor**. Vpředu spojuje kosti stydké chrupavčitá **spona stydká** *(symfysa).* Kosti pánevní tvoří spolu s kostí křížovou **pánev** *(pelvis).* Tvar pánve u mužů a žen se liší. Ženská pánev je nižší a širší.

Kost stehenní *(femur)* má na proximální části kulovitou hlavici, její distální část se rozšiřuje ve dva kloubní hrboly. Ty jsou vpředu spojeny mělkým prohbím, v němž klouže **čéška** *(patella)*, kost vsunutá do šlachy čtyřhlavého stehenního svalu.

Kost holenní *(tibia)* navazuje na kost stehenní v kolenním kloubu. Její horní konec je rozšířen ve dva kloubní hrboly jen nepatrně prohloubené. Kloubní konce kosti stehenní, které jsou více zakřivené, se o ně opírají uprostřed. Nepoměr v zakřive-

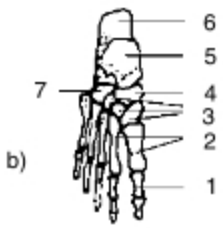


a) Celkový pohled zepředu:

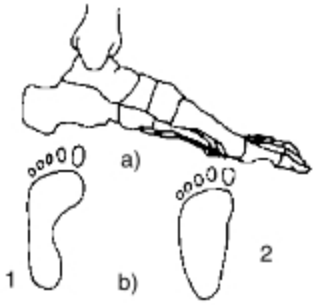
1 – hřeben kosti kyčelní
2 – přední trn kyčelní
3 – hlavice kosti stehenní
4 – krček kosti stehenní
5 – velký chocholík
6 – malý chocholík
7 – čéška
8 – zevní hrbol kosti stehenní
9 – kost holenní
10 – kost lýtková
11 – zevní kotník
12 – vnitřní kotník
13 – kosti zánártní

b) Kostra nohy:

1 – články prstů
2 – kosti nártní
3 – kůstky klínovité
4 – kost loďkovitá
5 – kost hlezenní
6 – kost patní
7 – kost krychlová



Kostra dolní končetiny



a) klenba nohy
b) otisky

1 – normálně klenuté nohy
2 – ploché nohy

ní styčných ploch obou kostí vyrovnávají vsunuté destičky ***(menisky)*** z vazivové chrupavky. Dolní konec holenní kosti je vyhlouben pro styk s hlezenní kostí a na vnitřní straně vybíhá ve vnitřní kotník.

Kost lýtková *(fibula)* je tenká, hlavičkou horního konce připojená kloubně ke kosti holenní. Dolní konec je připojen vazy a tvoří vnější kotník.

Kostra nohy se skládá z **kostí zánártních** *(kost hlezenní, kost patní, kost krychlová, kost loďkovitá* a *3 kůstky klínovité)*, z 5 **kostí nártních** a z **článků prstů** ve stejném počtu jako na ruce, jsou však kratší. Kostra nohy je klouby a vazy spojena v pružný a pevný celek. Na vnitřní straně tvoří **klenbu**. Klenba při našlapování péruje a chrání při stání měkké části v chodidle – nervy, cévy, svaly. Není-li klenba nohy dostatečně vyvinuta, vzniká **plochá noha**.

❑ ONEMOCNĚNÍ KOSTÍ

Nejčastějšími případy jsou **artritidy** *(různé druhy kloubních zánětů)*, mezi něž patří:

• **Dna**, jejíž příčinou je nadměrná konzumace potravin obsahující puriny. Konečným produktem jejich metabolismu je kyselina močová. Její krystalky se hromadí u kloubů, působí jejich zánět a následně silné bolesti. Lze ji léčit vhodnou dietou.

• **Osteoartritida**, vznikající jako důsledek opotřebování kostí věkem. Nejčastěji postihuje klouby vystavené velké námaze *(kyčelní, kolenní, ramení, bederní a krční oddíl páteře)*. Dochází k rozpadu chrupavek, které za normálního stavu tlumí mechanické nárazy. Kosti se vzájemně třou o sebe, což je doprovázeno velkými bolestmi a omezením pohyblivosti.

• **Revmatická artritida**, začíná zánětem synoviální membrány potahující kloub. Na povrchu kloubu vznikají zánětlivá ložiska. Zánětem uvolňované enzymy natravují povrch kloubu. Mezi kostmi spojenými kloubem vzniká zjizvená tkáň, která postupně tvrdne a srůstá s kloubem. Příčinou jsou pravděpodobně některé viry spolu s chybnou imunitní reakcí. Bílé krvinky aktivované infekcí mohou považovat hmotu kloubu za cizorodou tkáň určenou ke zničení.

SOUSTAVA SVALOVÁ

spolu s kostrou tvoří jeden funkční celek – **pohybovou soustavu**. **Svaly** *(musculi)* jsou nejobjemnější tělesnou soustavou. Představují asi 40 % celkové tělesné hmotnosti. Lidské tělo obsahuje asi 600 svalů.

❑ STAVBA KOSTERNÍHO SVALU

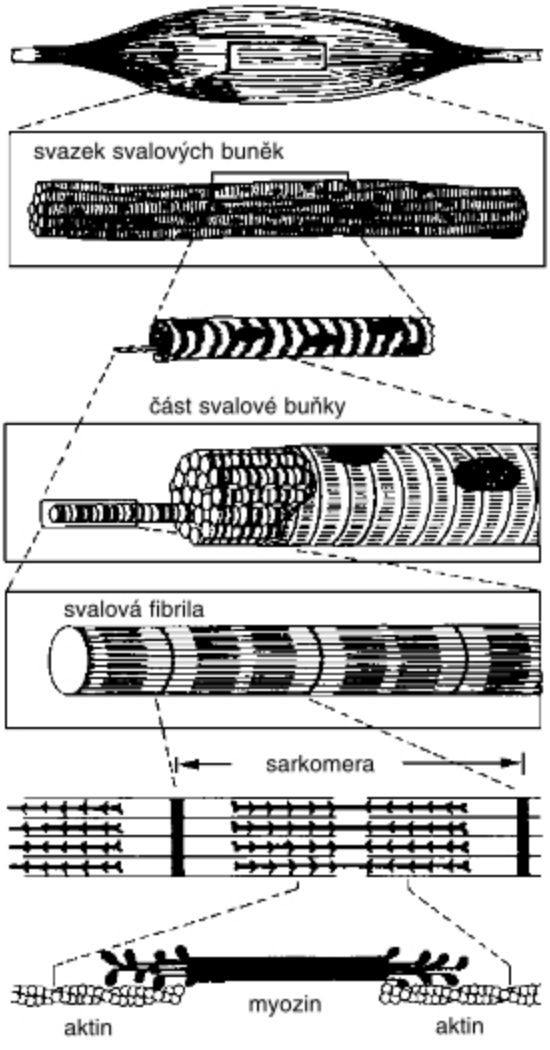
Na kosterním svalu rozlišujeme masitou část *(svalové bříško)* a šlachy. Základní stavební jednotkou masité části jsou **svalová vlákna** *(o průměru 20 až 150 μm a délce 0,5 až 20 cm)*, která jsou mnohojaderná. Větší počet vláken *(10 až 100)* je spojen řídkým vazivem a tvoří **snopečky**. Snopečky se spojují ve **snopce**. Soubor všech snopců spojených vazivem tvoří **svalové bříško *(hlavu)***. Na jeho povrchu je tenký vazivový obal – **svalová povázka** *(fascie)*. K oběma koncům přechází sval v pevné šlachy, kterými se připojuje ke kostem.

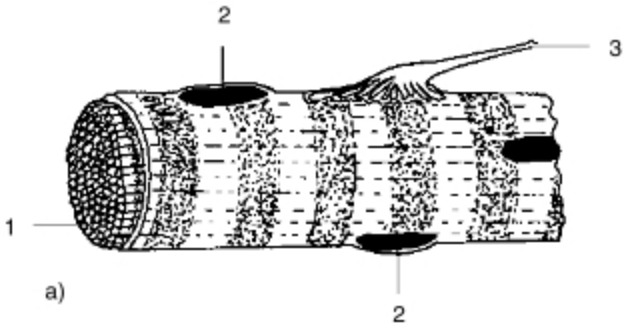
❑ SUBMIKROSKOPICKÁ STAVBA MYOFIBRILY

V cytoplazmě svalového vlákna jsou podélně uloženy **myofibrily**, které jsou příčinou jeho příčného pruhování. Myofibrily jsou tvořeny **dvojlomnou** *(anisotropní)* bílkovinou **myozinem** a **jednolomnou** *(isotropní)* bílkovinou **aktinem**. Myofibrila je tak tvořena základními válcovitými úseky, které umožňují její smršťování. Tyto základní úseky se nazývají **sarkomery**.

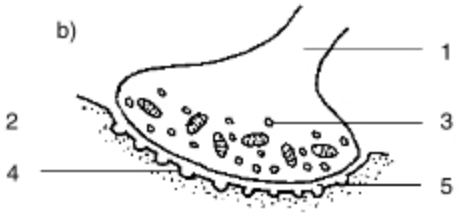
Při svalovém stahu se myozin nasouvá na aktin, a tím se zkracuje délka myofibrily. Přitom dochází ke štěpení molekul ATP. K tomu je třeba přítomnosti Ca^{2+} iontů.

Podnět pro svalový stah přichází po motorickém nervovém vlákně. Jedno vlákno inervuje vždy více svalových vláken *(tzv. **motorická jednotka**)*. Nervový vzruch, který dospěje na konec nervového vlákna, způsobí vylití **mediátoru** *(acetylcholinu)* do štěrbiny nervosvalové ploténky. Tím dojde ke vzniku **akčního potenciálu** *(viz Princip šíření nervového vzruchu, str. 277)* na svalovém vlákně a k uvolnění Ca^{2+} iontů z biomembrán endoplazmatického retikula. Proběhne reakce mezi myozinem a aktinem – nastává svalový stah *(viz str. 348)*. Ca^{2+} ionty se ihned opět vážou zpět do biomembrány endoplazmatického retikula, vazby mezi myozinem a aktinem se uvolní – nastává **natažení svalu**.





a) Část svalové buňky
1 – myofibrily, 2 – jádra svalové buňky, 3 – motorický nerv



b) Nervosvalová ploténka
1 – zakončení neuronu, 2 – mitochondrie,
3 – váčky s mediátorem, 4 – biomembrána svalového vlákna,
5 – štěrbina ploténky

• **Svalová únava** nastává po namáhavé a dlouhotrvající práci. Příčinou únavy je vyčerpání zdrojů energie *(ATP)* a nahromadění zplodin metabolismu *(kyseliny mléčné)*.

❑ NÁZVY A FUNKCE JEDNOTLIVÝCH SVALŮ

Názvosloví svalů není jednotné. Názvy se tvoří podle:

– funkce, kterou vykonávají
ohybače – *flexory*,
natahovače – *extenzory*,
přitahovače – *adduktory*,
odtahovače – *abduktory*,
svěrače – *sfinktery*,
rozvěrače – *dilatátory*;

– směru svalových snopců
*(svaly **přímé**, **šikmé**, **příčné**)*;

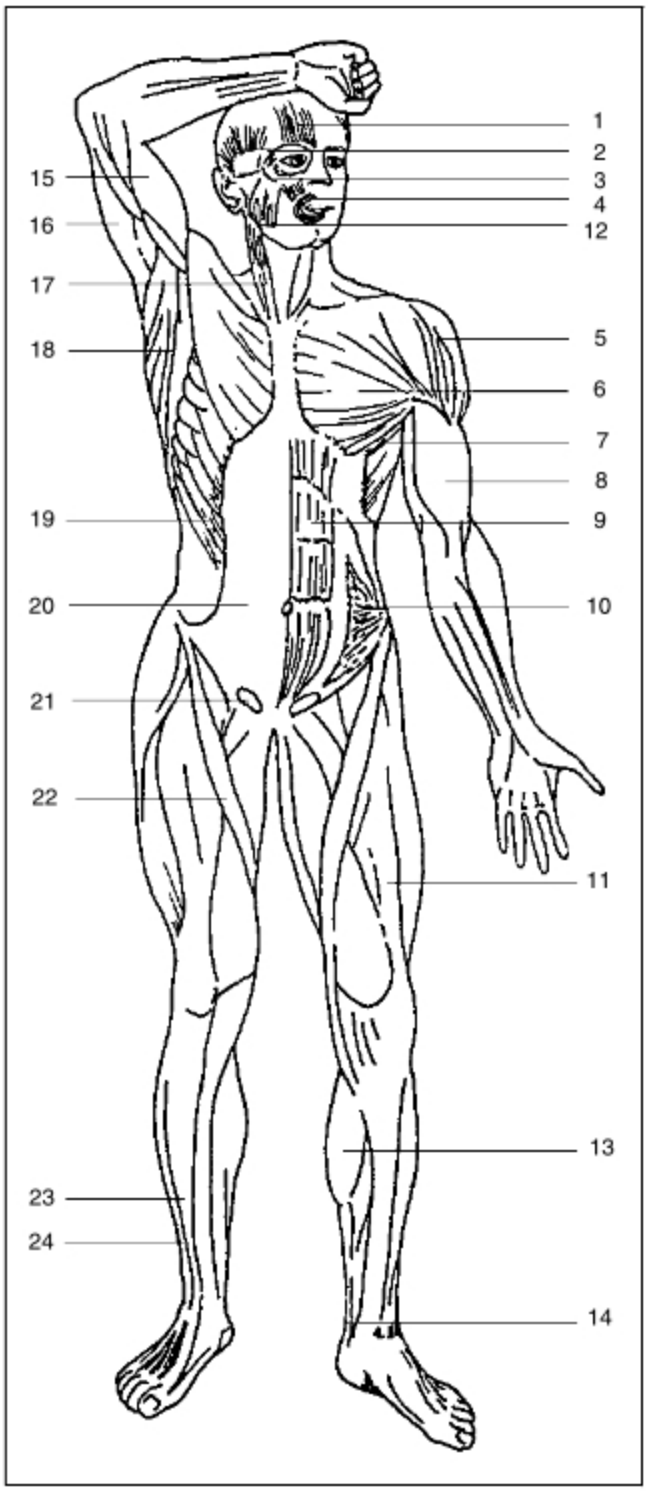
– krajiny, kde leží
*(sval **spánkový**, **prsní**, **čelní** apod.)*;

– obrysu *(sval **kruhový**)*;

– počtu hlav *(sval **dvojhlavý, trojhlavý** apod.)*;

– tvaru *(sval **dlouhý**, **krátký**, **plochý** apod.)*.

Svaly se při své činnosti doplňují, jeden a tentýž pohyb je zabezpečen více svaly. Spolupracující svaly se označují jako **synergisté**, skupiny svalů zabezpečujících opačný pohyb se označují jako **antagonisté**.



Svaly lidského těla *(pohled zpředu)*

1 – čelní, 2 – spánkový, 3 – kruhový oční, 4 – kruhový ústní,
5 – deltový, 6 – velký prsní, 7 – pilovitý přední,
8, 15 – dvojhlavý pažní, 9 – přímý břišní,
10 – šikmý břišní vnitřní, 11 – přímý stehenní,
12 – zevní žvýkací, 13 – trojhlavý lýtkový,
14 – Achillova šlacha, 16 – trojhlavý pažní,
17 – zdvihač hlavy, 18 – široký zádový,
19 – šikmý břišní zevní,
20 – pochva svalů přímých břišních, 21 – zevní kruh tříselný,
22 – krejčovský, 23 – natahovač bércový,
24 – natahovač prstů

SOUSTAVY PŘEMĚNY LÁTKOVÉ

SOUSTAVA OBĚHOVÁ

❑ TĚLNÍ TEKUTINY

obsahují jako hlavní složku vodu. U dospělého člověka činí její podíl na tělesné hmotnosti asi 53 %. Je v ní rozpuštěno mnoho anorganických a organických látek. Voda je prostředím, ve kterém probíhají všechny biologické děje. Větší část vody je v buňkách jako **nitrobuněčná tekutina** (32 %).

Mimobuněčná tekutina (21 %) se dělí na:
- ❑ krev,
- ❑ mízu,
- ❑ tkáňový mok.

Krev, míza a tkáňový mok tvoří **vnitřní prostředí**. Prvořadý význam má krev. Vzniká z ní tkáňový mok; z tkáňového moku se tvoří míza.

Buňky tkání neustále odčerpávají z krve živiny a odevzdávají do ní zplodiny metabolismu. Každá změna je rychle upravována, takže vnitřní prostředí se udržuje stálé. Stálost vnitřního prostředí se nazývá **homeostáza**.

❑ KREV

Funkce krve jsou mnohostranné:

a) **specifické**:
- – udržování homeostázy *(osmotického tlaku, pH)*
- – obranné
- – schopnost srážení;

b) **transportní**:
- – přenášení dýchacích plynů
- – rozvod živin a odvádění zplodin
- – účast na řízení *(přenášením hormonů, vitaminů)*
- – rozvod tepla po těle *(vyrovnává teplotní rozdíly mezi orgány).*

Složení krve

Krev je červená, neprůhledná kapalina, složená z **krevní plazmy** a z **krevních tělísek**. U člověka tvoří cca 8 % z celkové hmotnosti. Tělo muže obsahuje 5–6 l krve, tělo ženy 4,5 l. Organismus snese bez potíží ztrátu asi 0,5 l krve.

• **Krevní plazma** je tekutou složkou krve. Je průhledná a má slabě nažloutlou barvu. Obsahuje asi 91 % vody, 8 % rozpuštěných organických látek, hlavně bílkoviny *(albuminy, globuliny, protrombin, fibrinogen)* a glukózu. 1 % tvoří rozpuštěné anorganické látky *(nejvíce chlorid sodný a hydrogenuhličitan sodný).* Anorganické látky udržují stálé pH a stálou osmotickou hodnotu plazmy, která odpovídá 0,9% roztoku chloridu sodného ***(fyziologický roztok)***. Stálá hodnota pH plazmy je 7,4.

• **Krevní tělíska** *(původ a vývoj viz doplněk. str. 319).*

•• **Červené krvinky** *(erytrocyty)* jsou malé, ploché, okrouhlé bezjaderné buňky, uprostřed ztenčené. V 1 mm^3 krve je obsaženo: u mužů asi 5 až 5,5 milionů, u žen asi 4,5 milionů erytrocytů. Jejich počet však kolísá. S nadmořskou výškou *(se zmenšujícím se obsahem kyslíku ve vzduchu)* se jejich počet zvyšuje. Také novorozenci mají v krvi větší počet erytrocytů *(asi 7 milionů v 1 mm^3)*. Erytrocyty obsahují červené krevní barvivo **hemoglobin** *(jehož součástí je Fe^{II})*, na který se váže kyslík O_2 za vzniku **dioxygenhemoglobinu**, z něhož se ve tkáních kyslík opět uvolňuje. Červené krvinky se tvoří a dozrávají v kostní dřeni a asi po 120 dnech zanikají ve slezině. Z uvolněného hemoglobinu se tvoří žlučové barvivo **bilirubin**; železo je využito k tvorbě nového hemoglobinu a jen část železa se z těla vylučuje a musí být doplňováno potravou. Ke vzniku červených krvinek v kostní dřeni je třeba přítomnosti vitaminu B_{12} a hormon erytropoetin vznikající v ledvinách.

Sedimentace červených krvinek

Jestliže zamezíme srážení krve *(např. přidáním kyseliny citronové, která vysráží Ca^{2+} ionty)*, rozdělí se její součásti podle své hmotnosti. Červené krvinky zvolna klesají ke dnu zkumavky. U zdravých lidí je tato sedimentace pomalá *(u mužů 2 až 5 $mm.h^{-1}$, u žen 3 až 8 $mm.h^{-1}$)*. Rychlost sedimentace závisí na složení plazmy a zvyšuje se při infekčních a zánětlivých onemocněních. Sedimentace červených krvinek je tedy důležitou **nespecifickou zkouškou**, která informuje lékaře o vzniku nebo ústupu onemocnění. **Hematokrit** vyjadřuje objemový podíl červených krvinek v krvi.

•• **Bílé krvinky** *(leukocyty)* jsou pravé buňky, protože obsahují jádro. Nemají stálý tvar. V 1 mm^3 je průměrně 5 až 8 tisíc leukocytů, jejich počet však kolísá; např. ráno na lačno je jich méně než po najedení. Také při chorobných stavech se jejich počet někdy snižuje *(v počátečním období břišního tyfu)*, jindy zvyšuje *(při zánětlivých onemocněních)*. Podle vzhledu a původu rozlišujeme:

1. **granulocyty** – mají v cytoplazmě zrníčka *(granula)*, která se dají barvit různými barvivy. Mají buď laločnatá, nebo nepravidelně podkovovitá jádra. Tvoří se v kostní dřeni. Granulocyty barvící se kyselým eosinem označujeme **eosinofilní** *(1 až 9 %)*, zásaditými barvivy jako **bazofilní** *(0,5 %)* a neutrálními barvivy jako **neutrofilní** *(až 70 %)*. Neutrofilní a eosinofilní pohlcují ***(fagocytují)*** cizorodé částice; bazofilní obsahují protisrážlivou látku **heparin**.

2. **agranulocyty** – neobsahují barvitelná zrna. Agranulocyty dělíme na:

a) **monocyty** *(5 %)*, největší leukocyty s ledvinovitým jádrem. Uvolňují se do krve z **endotelových výstelek** *(sleziny, jater, mízních uzlin a kostní dřeně)* a z primitivních buněk ***(histiocytů)***, roztroušených ve vazivu. Histiocyty a endotelové výstelky uvedených orgánů se označují jako **retikuloendotelová soustava *(RES)***. Nověji jako **MFS** *(mononukleární fagocytární systém)*.Po výstupu z krve do tkání se monocyty mění na makrofágy a zde fagocytují;

b) **lymfocyty** *(20 až 40 %)* mají velké okrouhlé jádro. Pocházejí z kmenových buněk kostní dřeně a tvoří dvě skupiny:

– **lymfocyty T**, dozrávající v brzlíku *(thymus)* a vykonávající **buněčnou imunitu**, tzn. namířenou proti buňkám transplantovaných tkání a proti pozměněným buňkám *(nádorovým, napadených viry)* vlastního těla;

– **lymfocyty B**, odpovídající za **imunitu humorální**. Obsahují na svém povrchu receptory pro vazbu antigenu. Vazbou s antigenem se dělí a přeměňují na plazmatické buňky, vytvářejí protilátky *(imunoglobuliny)* obsažené v krevní plazmě, sekretech některých žláz a v mateřském mléce. Při prvním setkání s antigenem vzniká primární **imunitní reakce**. Při druhém setkání s antigenem stejného typu nastává velmi rychlá a účinná **sekundární imunitní reakce**, neboť v těle jsou již přítomny buňky s „pamětí“ na první setkání. *(viz doplněk: Lymfocyty B a lymfocyty T, str. 320).* V lékařství se těchto znalostí využívá při **aktivní imunizaci** – očkování. Při něm se do těla vpravují usmrcené nebo silně oslabené mikroorganismy nebo jejich upravený jed *(toxoid)*. Vytvořená imunita je proti některým antigenům celoživotní. Při **pasivní imunizaci** se do těla vpravují hotové protilátky, získané očkováním určitého zvířete *(tzv. **léčebné sérum**)*.

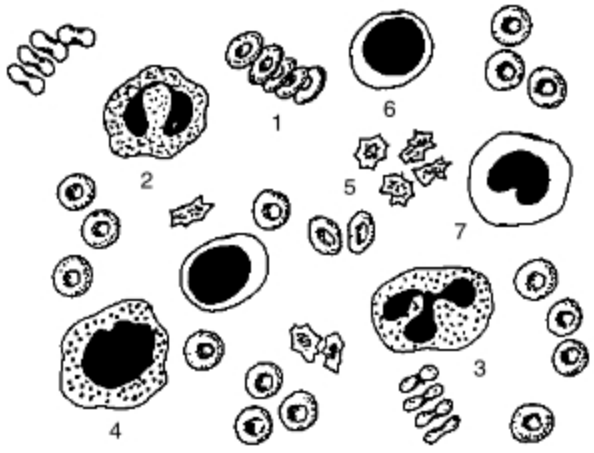
Člověk, který byl někdy v životě léčen zvířecím sérem, musí potvrzení o tom nosit stále při sobě, aby bylo jasné, o který zvířecí druh šlo. Dvakrát opakované vstříknutí séra téhož zvířecího druhu vyvolává život ohrožující **sérovou nemoc**.

Imunita je schopnost organismu bránit se proti cizorodým látkám a patogenům. Rozlišujeme:

a) **imunitu specifickou**, zprostředkovanou specifickým imunitním systémem *(lymfocyty B a lymfocyty T)*;

b) **imunitu nespecifickou**, na níž se podílejí:
– lidská kůže, představující jednak mechanickou zábranu proniknutí cizorodých látek a patogenů do organismu, jednak působící baktericidně některými látkami *(organické kyseliny, močovina, soli)* obsaženými v potu;
– sliny, jejichž součástí je baktericidně působící enzym **lyzozym**;
– kyselina chlorovodíková, která je součástí žaludeční šťávy;

– fagocytující buňky *(eosinofilní a neutrofilní granulocyty, monocyty a makrofágy);*
– **interferony** – bílkovinné látky produkované buňkami napadenými viry. Interferony uvolněné do prostředí se vážou na receptory v membránách dosud nenapadených buněk. Tyto buňky se stávají rezistentní vůči virům;
– zvýšení tělesné teploty účinkem látek *(pyrogenů)* uvolňovaných některými leukocyty. Pyrogeny působí na termoregulační centrum. Zvýšení tělesné teploty působí nepříznivě na metabolismus patogenů.



Lidské krvinky *(obarvené)* **v nátěru**
1 – červené krvinky, 2, 3, 4 – granulocyty, 5 – krevní destičky, 6 – lymfocyty, 7 – monocyt

•• **Krevní destičky** *(trombocyty)* jsou tělíska nepravidelného tvaru. Vznikají v kostní dřeni odškrcováním cytoplazmy obrovských buněk – **megakaryocytů**. Nemají jádro, žijí jen několik dní. V 1 mm^3 je asi 200 až 300 tisíc trombocytů. Uplatňují se při zastavování krvácení. Srážení krve je poměrně složitý proces. Při poranění cévy se trombocyty na vzduchu rozpadají a uvolňují enzym **trombokinázu**, která přeměňuje za přítomnosti Ca^{2+} iontů **protrombin** obsažený v krevní plazmě na **trombin**. Jeho působením se mění v plazmě rozpustná bílkovina **fibrinogen** na nerozpustný **fibrin**. Ten vytváří síť vláken, ve které se zachytí krvinky *(vznikne **krevní koláč**)*, a tím se céva uzavře. Zbývající nažloutlá tekutina je **krevní sérum** *(krevní plazma bez fibrinogenu)*. Po uzavření cévy začnou působit protisrážlivé faktory *(antitrombin, protein C* vznikající v játrech a *plazminogen)*. Nedostatek těchto inhibitorů srážení krve může být příčinou **trombóz** *(trombus je sražená krev v cévě)*. V případě, že je trombus zanesen na jiné místo a ucpe cévu zásobující určitý orgán, dochází k **embolii** *(může být příčinou úmrtí)*.

❑ KREVNÍ SKUPINY

představují imunologickou individualitu jedince. Jsou založeny na existenci antigenu a protilátky. **Antigeny** *(aglutinogeny)* jsou molekuly na povrchu membrány červených krvinek, **protilátky** *(aglutininy)* jsou obsaženy v krevní plazmě. V lidských červených krvinkách bylo dosud objeveno asi 30 aglutinogenů, které mohou vyvolávat tvorbu protilátek. Prakticky nejdůležitější jsou však systémy ABO a Rh faktor.

Systém ABO
Lidskou populaci lze rozdělit do 4 skupin: A, B, AB, 0

krevní skupina	aglutinogen na povrchu erytrocytů	aglutinin přítomný v krevní plazmě
A	A	anti B
B	B	anti A
0	–	anti A i anti B
AB	A i B	–

Rh faktor je aglutinogen, obsažený v erytrocytech asi 85 % lidské populace.Lidé s tímto faktorem se označují Rh^+, ostatní jako Rh^-.

Proti Rh faktoru nejsou normálně v krvi protilátky. Mohou se však druhotně vytvořit při opakovaných transfuzích Rh pozitivní krve Rh negativnímu příjemci, nebo v krvi Rh^- matky s Rh^+ plodem. Při intenzivní tvorbě protilátek v krvi matky může dojít k poškození plodu. V současné době je možná prevence podáváním protilátek anti-Rh^+. Znalost těchto krevních skupin má tedy zásadní význam při **krevním převodu *(transfuzi)***. Základním požadavkem je, aby dárce a příjemce měli stejné krevní skupiny. Transfuze jiné skupiny vede k těžké újmě na zdraví až k úmrtí.

❑ KREVNÍ CÉVY

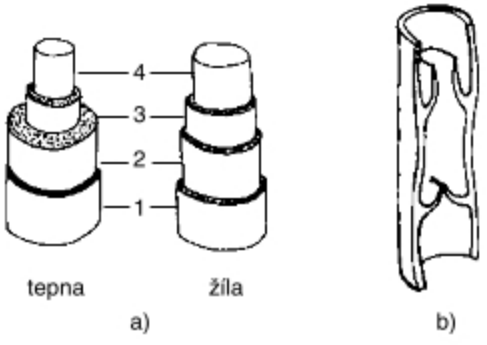
dělíme na:
• tepny,
• vlásečnice,
• žíly.

• **Tepny** *(arterie)* jsou cévy vedoucí krev směrem ze srdce. Stěny tepen jsou velmi pružné a pevné. Uvnitř jsou tepny vystlány vrstvičkou plochých endotelových buněk. Okolo nich je kruhovitě uspořádáno hladké svalstvo. Ve svalovině je přítomno vazivo s elastickými vlákny. Na povrchu mají tepny řidší vazivový obal, v němž se nachází jemná síť vegetativních nervů. Postupným větvením se stěny tepen zeslabují, až se konečně větví do vlásečnic.

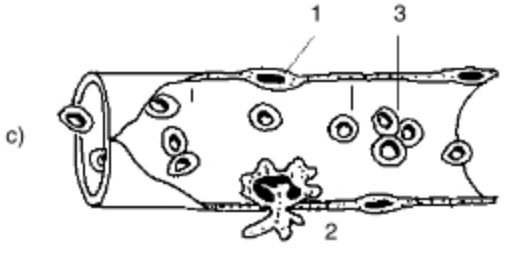
• **Vlásečnice** *(kapiláry)* mají průměr 5 až 20 μm a jsou dlouhé asi 0,5 mm. Jejich stěny tvoří pouze vrstva endotelových buněk. Prostupují neobyčejně hustě většinu tkání, chybějí jen v pokožce a pokožkových útvarech – nehtech, vlasech, chlupech a oční rohovce a také v chrupavkách. Jejich tenkou stěnou prostupují kyslík a živné látky z krve do tkání

(neprostupují bílkoviny, červené krvinky a krevní destičky); z tkání do krve pak oxid uhličitý a odpadní látky metabolismu. Jejich stěnou mohou prostupovat améboidní leukocyty do mezibuněčných prostor *(tzv. **diapedéza**)* a uplatňovat se při obraně organismu proti infekci.

• **Žíly** *(vény)* mají stěny tvořené stejnými vrstvami jako tepny, avšak tenkými. Na stěnách dolních končetin jsou *chlopně*, které umožňují jednosměrný průtok krve směrem k srdci. Pohybu krve v žílách napomáhají kontrakce kosterních svalů, podtlak v hrudní dutině při vdechu a v žílách nad úrovní srdce také gravitace.



Krevní cévy
a) Tepna a žíla
1 – vazivový obal, 2, 3 – vrstvy hladké svaloviny, 4 – endotel
b) Chlopně v žíle dolní končetiny



c) Vlásečnice
1 – endotel, 2 – bílá krvinka prostupující stěnou *(diapedéza)*, 3 – erytrocyty

❑ SRDCE *(cor)*

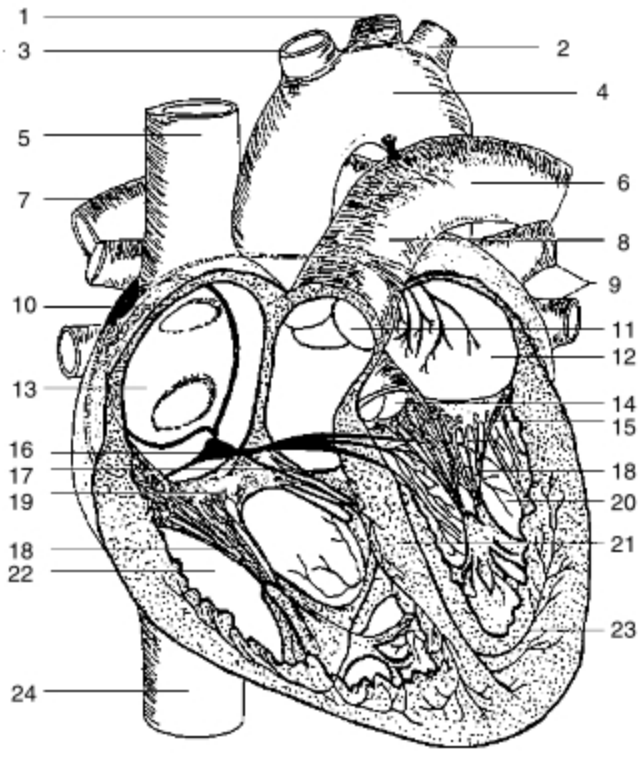
je uloženo v **osrdečníku** *(perikardu)*. Osrdečník je z vaziva. Tvoří nejen zevní obal, ale po velkých cévách přechází na srdce jako vazivový **epikard**. Mezi oběma vazivovými blánami je štěrbina, vyplněná tekutinou usnadňující pohyby srdce. Pod epikardem je **svalovina srdeční** *(myokard)*, vnitřní výstelku srdce tvoří **nitroblána srdeční** *(endokard)*. Podélnou přepážkou je srdce rozděleno na pravou a levou polovinu. Každá polovina je dále brázdou věncovou rozdělena na tenkostěnnou horní **předsíň** *(atrium)* a silnostěnnou spodní **komoru** *(ventriculus)*.

Mezi pravou předsíní a pravou komorou je **chlopeň trojcípá** *(valva tricuspidalis)*, mezi levou předsíní a levou komorou je **chlopeň dvojcípá** *(valva bicuspidalis)*. Do pravé předsíně vstupují horní a dolní dutá žíla, do levé předsíně plicní žíly. Z pravé komory vystupuje **plicní kmen**, z levé komory **srdečnice** *(aorta)*.

• **Činnost srdce** je střídavé smršťování a ochabování svaloviny. Smrštění se nazývá **systola**, ochabnutí **diastola**. Smrštění srdeční svaloviny postupuje jako vlna z obou předsíní do komor. Po systole předsíní a komor následuje diastola celého srdce. Činnost srdce je rytmická a impulzy pro tuto činnost vznikají v srdci samém. Zajišťuje je **převodní systém srdeční**. Začátkem tohoto systému je **uzlík síňový** *(nodus sinuatrialis)*, který leží v horní části pravé předsíně při ústí horní duté žíly. Impulzy, které v něm vznikají, jsou převáděny do **uzlíku síňokomorového** *(nodus atrioventricularis)* ve stěně pravé předsíně při ústí dolní duté žíly. Z tohoto uzlíku vychází svazeček svalových vláken – **můstek Hisův**, zabezpečující spojení svaloviny předsíní se svalovinou komor. V srdeční přepážce se můstek rozděluje na dvě raménka, která končí v myokardu obou komor jako síť **Purkyňových vláken**.

Srdce je také inervováno vlákny vegetativních nervů *(sympatikus jeho činnost zrychluje, parasympatikus zpomaluje)*.

• **Tepový *(systolický)* objem** je objem krve, který se dostává ze srdce při jednom srdečním stahu *(60 až 80 ml)*; **minutový objem srdeční** při srdeční čin-



Srdce
1 – levá krkavice, 2 – levá podklíčková tepna, 3 – tepna hlavopažní, 4 – oblouk aorty, 5 – horní dutá žíla, 6 – levá plicní tepna, 7 – pravá plicní tepna, 8 – plicní kmen, 9 – levostranné plicní žíly, 10 – uzlík sinuatriální, 11 – chlopeň kmene plicního, 12 – levá předsíň, 13 – pravá předsíň, 14 – aortální chlopeň, 15 – chlopeň dvojcípá, 16 – atrioventrikulární uzel, 17 – Hisův svazek, 18 – šlašinky chlopní, 19 – chlopeň trojcípá, 20 – levá komora, 21 – komorová přepážka, 22 – pravá komora, 23 – Purkyňova vlákna, 24 – dolní dutá žíla

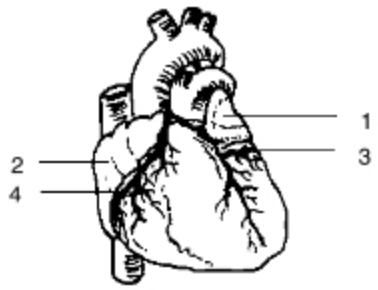
nosti 72 tepů za minutu je tedy asi 5 litrů *(u dospělého člověka)*. Při namáhavé práci se může zvětšit až na 40 litrů.

Projevy srdeční činnosti lze sledovat poslechem. **Systolická ozva** vzniká stahem srdečního svalu a uzavřením cípatých chlopní. **Diastolická ozva** vzniká uzavřením poloměsíčitých chlopní při diastole. Jsou-li okraje chlopní porušeny, chlopně špatně zavírají a vzniklou štěrbinou crčí krev – ozvy jsou nečisté a mění se v **šelesty**.

• **Tlak krevní**

Každou systolou vhání srdce do velkých tepen určitý objem krve, který vzhledem k odporu kladenému úzkými tepnami a tepénkami, nemůže okamžitě odtéci do žil. Pružné stěny velkých tepen se napnou. V období diastoly, kdy je srdce ochablé, toto pružné napětí představuje sílu, zabezpečující nepřetržitý tok krve. Tlak krevní měříme na pažní tepně tak, že stlačíme paži gumovou manžetou a měříme vlastně tlak vzduchu v manžetě, potřebný k tomu, abychom zastavili průtok krve touto tepnou.

• **Výživa srdce** je zajišťována **věnčitými** *(koronárními)* **tepnami**. Oddělují se od aorty těsně za poloměsíčitými chlopněmi, rychle se větví na vlásečnice, bohatě prostupující srdce. Ucpání některé koronární cévy způsobuje nefunkčnost příslušné části srdeční svaloviny ***(infarkt myokardu)***. Infarktu předchází ukládání tukových cholesterolových plátů ve stěně cév ***(ateroskleróza)***, takže dochází k jejich zúžení. Srdeční infarkt je konečným stadiem tzv. **ischemické choroby myokardu**.



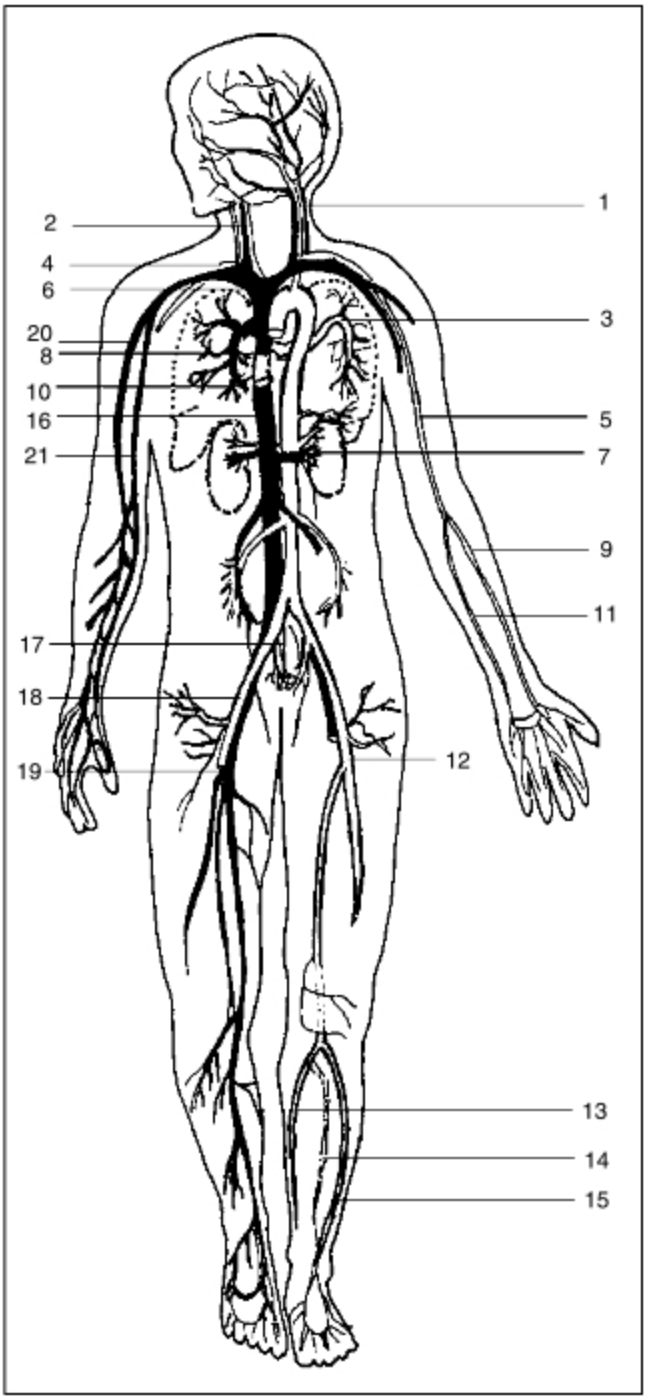
Koronární tepny
1 – levá předsíň, 2 – pravá předsíň,
3 – levá věnčitá tepna, 4 – pravá věnčitá tepna

• **Velký *(tělní)* oběh krevní** začíná **srdečnicí** *(aortou)*. Ta se po svém výstupu z levé komory srdeční stáčí nalevo dozadu *(oblouk aorty)*, přikládá se zleva k páteři a potom zpředu sestupuje asi ke 4. obratli bedernímu, kde se větví na 2 **tepny kyčelní**. Z oblouku aorty kromě 2 věnčitých tepen vystupují:

– **tepna hlavopažní**, která se po 2 až 4 cm dále větví na pravou krkavici a pravou podklíčkovou tepnu;
– **levá krkavice**;
– **levá tepna podklíčková**.

Krkavice zásobují krví hlavu, tepny podklíčkové vstupují do horních končetin.

Aorta sestupná je průchodem skrze bránici rozdělena na **oddíl hrudní** *(z něhož vystupují větévky pro jícen a průdušky a tepny mezižeberní)* a **oddíl břišní**, z něhož se odvětvují **párové větve**, zásobující krví bránici, nadledvinky, ledviny a pohlavní žlázy.



Oběhová soustava člověka
1 – levá krkavice, 2 – žíla hrdelní, 3 – plicní tepna levá,
4 – tepna hlavopažní, 5 – tepna pažní, 6 – žíla hlavopažní,
7 – tepna a žíla ledvinová, 8 – horní dutá žíla, 9 – tepna vřetenní,
10 – žíla plicní, 11 – tepna loketní, 12 – tepna stehenní,
13 – tepna holenní zadní, 14 – tepna lýtková,
15 – tepna holenní přední, 16 – dolní dutá žíla,
17 – tepna a žíla křížová, 18 – tepna a žíla kyčelní,
19 – žíla a tepna stehenní, 20 – žíla pažní zevní,
21 – žíla pažní zadní vnitřní

Nepárové větve jsou tři. Nejhořejší přivádí krev k žaludku, játrům, slinivce břišní a slezině, dolní dvě vstupují do okruží a zásobují krví tenké a tlusté střevo.

Tepny kyčelní se větví na vnitřní větve, zásobující krví orgány v malé pánvi *(močový měchýř, pohlavní orgány, konečník)*, a vnější větve, vstupující do dolních končetin.

Z hlavy a horních končetin sbírá krev **horní dutá žíla**. **Dolní dutá žíla** vzniká soutokem žil kyčelních, sbírajících krev z dolních končetin; sbírá dále krev ze stěn břišních, z pohlavních orgánů, z ledvin, nadledvin a jater.

Do velkého oběhu je vsunut **oběh vrátnicový** v dutině břišní. Začíná a končí kapilární sítí. Vlásečnice ze stěn žaludku, střev, slinivky břišní a sleziny odvádějí krev do přítoků **vrátnicové žíly**. Ta se zanořuje do jater, kde se větví na vlásečnice a vstupuje do jaterních lalůčků, v nichž jsou jaterním buňkám odevzdávány vstřebané látky.

• **Malý oběh krevní** začíná z pravé komory **kmenem plicním**, který se rozděluje na 2 **tepny plicní**, zanořující se do pravé a levé plíce. Větví se na tepénky a vlásečnice ve stěnách plicních sklípků, do nichž přivádějí odkysličenou krev. Okysličená krev z plic se sbírá do 4 **plicních žil**, přivádějících krev do levé předsíně.

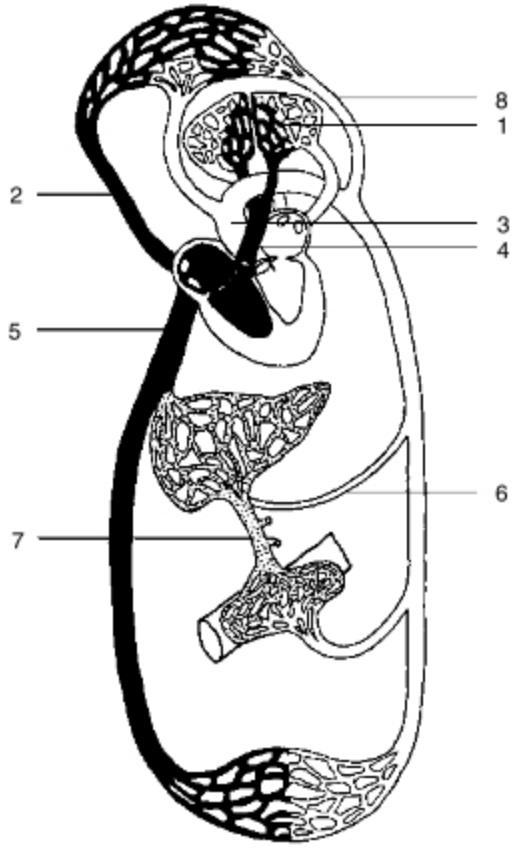
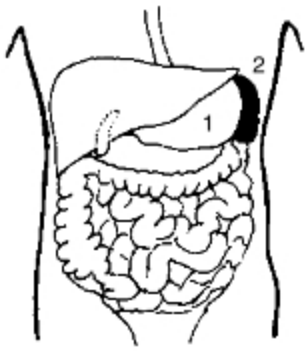


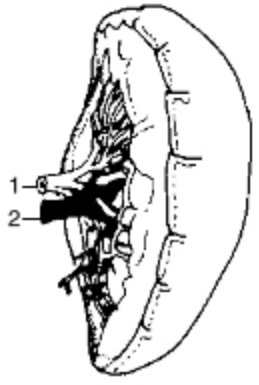
Schéma malého a velkého oběhu krevního
1 – malý oběh, 2 – horní dutá žíla, 3 – aorta, 4 – plicní kmen, 5 – dolní dutá žíla, 6 – jaterní tepna, 7 – vrátnicová žíla, 8 – levá krkavice

❑ SLEZINA *(lien)*

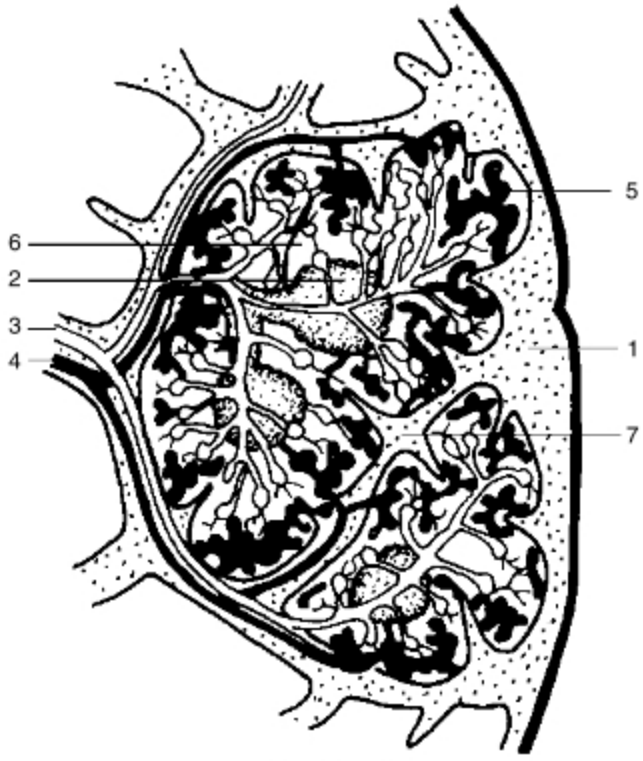
je uložena za žaludkem v levé části dutiny břišní pod bránicí. Je asi 13 cm dlouhá a 4 cm široká. Na povrchu slezinu kryje **vazivové pouzdro**, ze kterého vstupuje do sleziny hustá vazivová **trámčina** houbovité struktury. Jsou v ní obsaženy i buňky hladkého svalstva. Trámčina je vyplněna měkkou, tmavě **červenou dření** *(pulpa)*, tvořenou převážně červenými krvinkami. Slezinová tepna se rychle větví a jemné větévky přecházejí ve dřeni v široké, jen **endotelem** vystlané prostory *(sinusy)*. Endotelové buňky mají schopnost fagocytózy. V červené dřeni jsou roztroušeny bělavé uzlíčky mízní tkáně, označované jako **bílá dřeň sleziny**. Tvoří se v nich lymfocyty. Ve slezině zanikají opotřebované červené krvinky. Proto se při nemocech doprovázených rozpadem červených krvinek slezina zvětšuje.



1 – žaludek,
2 – slezina



Slezina
1 – přívodní tepna,
2 – odvodní žíla



Řez slezinou
1 – vazivové pouzdro, 2 – bílá dřeň *(mízní uzlíček)*, 3 – přívodní tepna, 4 – odvodní žíla, 5 – červená dřeň, 6 – sinus, 7 – trámčina

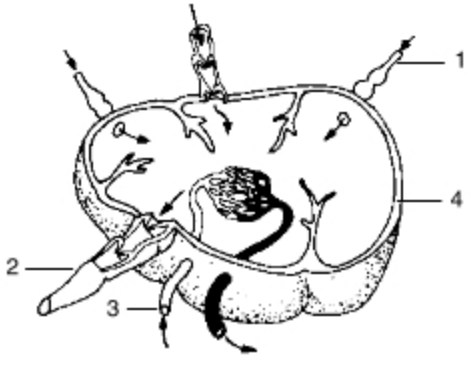
❑ SOUSTAVA MÍZNÍ

sbírá mízu *(lymfu)*, tvořící se ve tkáních, a svádí ji do žilné krve.

• **Míza** *(lymfa)*

je čirá, mírně zkalená tekutina, obsahující stejně solí jako krevní plazma, ale méně bílkovin. Jsou v ní obsaženy lymfocyty. Odvádí z tkání metabolity. Mízní soustava začíná slepými výběžky **mízních vlásečnic**, jejichž stěny jsou tvořeny jednou vrstvou endotelových buněk. Ve vlásečnicích se tvoří z tkáňového moku míza. Mízní kapiláry se spojují ve větší **mízní cévy**, v jejichž stěnách jsou buňky hladkého svalstva a které uvnitř obsahují chlopně. Do průběhu cév jsou vsunuty **mízní uzliny** *(nodi lymphatici)*. Uzliny mají na svém povrchu vazivové pouzdro, z něhož do uzliny vniká řídká trámčina. Prostory mezi trámčinou jsou vyplněny lymfocyty, které se zde množí. Míza prochází uzlinou jako filtrem. Jsou zde zadržovány částice *(prach, mikroorganismy, buňky, části buněk)*. K mízní soustavě patří též **uzlíčky lymfoidní tkáně**, které jsou roztroušeny pod epitelem na mnoha místech trávicí soustavy *(zejména ve sliznici tenkého střeva)*, dýchací soustavy, pohlavního ústrojí, ve slezině, brzlíku a v patrových mandlích. Souhrnně s mízními uzlinami tvoří **skupinu mízních *(lymfatických)* orgánů**.

Mízní uzliny se vyskytují jednotlivě i ve skupinách. Nejvíce je jich za boltcem a před ním, po celé délce krkavic, při dolním okraji dolní čelisti, v podpažních jamkách, po obou stranách břišní aorty a v třísle. Mízní cévy se spojují v **mízní kmeny**. Soutokem kmenů bederních s kmenem střevním vzniká **mízovod hrudní**, probíhající vzhůru podél aorty, přibírající mízní cévy z levé plíce a z levé horní končetiny, a levostranný kmen hrdelní, do kterého vyúsťují mízní cévy levé strany a krku. Mízovod se otvírá do **levého úhlu žilního**. Mízní cévy z pravé poloviny hlavy a krku, z pravé horní končetiny a z pravé plíce ústí společně krátkým pravostranným kmenem mízním do **pravého úhlu žilního**. Zvláštní postavení v celé mízní soustavě má **brzlík** *(thymus)*. Vytváří prvotní lymfocyty, které ještě během nitroděložního vývoje osídlí mízní uzliny a jsou zdrojem tzv. buněčné imunity.



Řez mízní uzlinou
1 – přívodní mízní céva, 2 – odvodná mízní céva,
3 – krevní tepénka, 4 – vazivové pouzdro

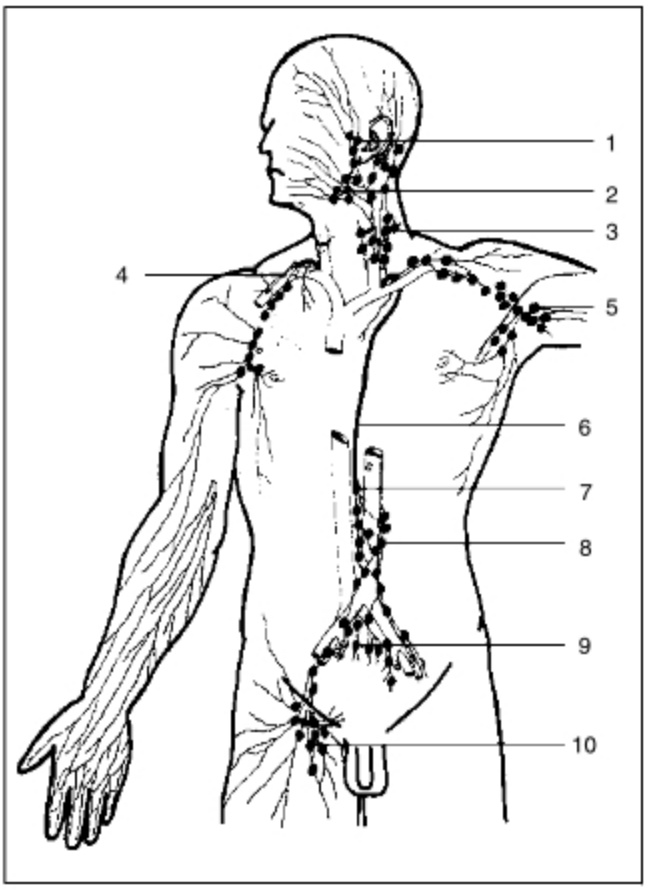


Schéma mízní soustavy
1 – uzliny před boltcem, 2 – uzliny podél dolní čelisti,
3 – uzliny krční, 4 – uzliny kmene pravostranného,
5 – uzliny podpažní, 6 – hrudní mízovod,
7 – soutok mízních kmenů bederních a mízního kmene střevního,
8 – uzliny okolo břišní aorty, 9 – uzliny pánevní,
10 – uzliny tříselné

SOUSTAVA DÝCHACÍ

zprostředkovává výměnu plynů mezi organismem a vnějším prostředím.

Vdechem je přijímán kyslík, **výdechem** je z organismu uvolňován oxid uhličitý a vodní páry. Výměna plynů se nazývá **dýchání**, které dělíme na:

– **dýchání zevní** *(plicní)*, jež je výměnou dýchacích plynů mezi krví a plícemi. K výměně dochází v plicních sklípcích *(alveolách)*. Vdechovaný vzduch obsahuje 21 % O_2 a 0,03 % CO_2, vydechovaný vzduch *(alveolární)* asi 14 % O_2 a 5 % CO_2;

– **dýchání vnitřní**, jež je výměnou kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a tkáněmi.

• **Přenos kyslíku** zprostředkovává červené krevní barvivo **hemoglobin** *(Hb)*. Při stoupajícím tlaku kyslíku se váže kyslík na hemoglobin za vzniku **dioxygenhemoglobinu** [$Hb(O_2)_4$], s klesajícím tlakem se uvolňuje:

$$Hb + 4O_2 \rightleftarrows [Hb\ (O_2)_4]$$

(ve 100 cm³ krve je asi 16 g hemoglobinu, který je schopen navázat asi 20 cm³ kyslíku). Na jednu molekulu hemoglobinu se reverzibilně vážou čtyři molekuly kyslíku.

• **Přenos oxidu uhličitého** je složitější, neboť je vázán trojím způsobem:

a) asi 5 % CO_2 je volně rozpuštěno v krevní plazmě;

b) asi 10 % CO_2 se slučuje s plazmatickými bílkovinami na karbaminové sloučeniny:

$$\text{Protein} - NH_2 + CO_2 \rightarrow \text{Protein} - NHCOOH$$

c) asi 85 % CO_2 je dopravováno krevní plazmou ve formě HCO_3^-.

Dýchací plyny se při vazbě na krev vzájemně ovlivňují. Větší obsah oxidu uhličitého v krvi napomáhá vytěsnění kyslíku z krve do tkání a naopak. Oxid uhličitý, vznikající při dýchání ve tkáňových buňkách, difunduje do tkáňové kapiláry. Zde v červených krvinkách reaguje s vodou na kyselinu uhličitou, která ihned disociuje podle rovnice

$$H_2CO_3 \rightleftarrows H^+ + HCO_3^-$$

Hydrogenuhličitanové ionty vystupují z krvinek do plazmy. Svojí přítomností brání rozpouštění oxidu uhličitého v plazmě. V plicní kapiláře vstupují HCO_3^- ionty zpět do červených krvinek, reagují s protony na kyselinu uhličitou, která se ihned rozkládá na vodu a oxid uhličitý, jenž difunduje stěnou kapiláry do plicních sklípků *(alveol)*.

$$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2$$

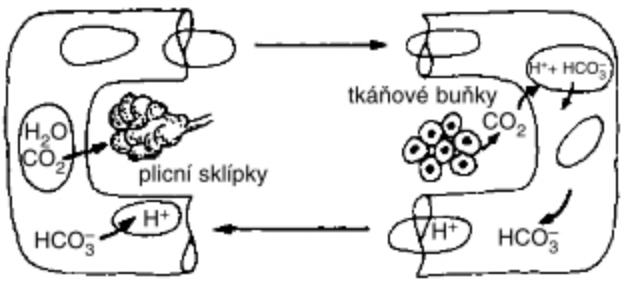


Schéma přenosu CO_2 při dýchání

❑ DÝCHACÍ CESTY

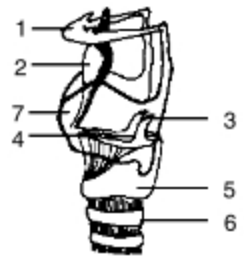
❑ DUTINA NOSNÍ *(cavum nasi)*

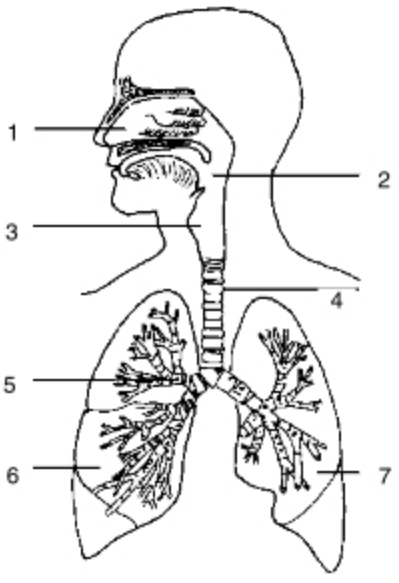
začíná nosními dírkami a ústí **nozdrami** *(choanami)* do nosohltanu. Na bočních stěnách se nacházejí **skořepy nosní**, z nichž horní dvě jsou výběžky kosti čichové, dolní je samostatná kost, připojená k horní čelisti. Dutina je vystlána sliznicí, krytou řasinkovým epitelem, obsahující drobné hlenové žlázky. Ve sliznici a pod ní jsou husté pleteně žilní. V nosní dutině se vzduch zbavuje prachu, který se zachycuje v řasinkovém epitelu, sytí se vodními parami a na prokrvené sliznici se předehřívá. Nosní dutina tvoří výklenky do sousedních kostí – **vedlejší dutiny nosní** *(nosní sinusy)*: dutiny horní čelisti, dutinu v kosti čelní a klínové, dutinky v kosti čichové. Dutiny jsou rovněž vystlány sliznicí. Choanami přechází vzduch do hltanu, kde se rozdělují cesty polykací a dýchací, a vstupuje do hrtanu.

❑ HRTAN *(larynx)*

je soubor chrupavek, vzájemně pohyblivě spojených. Vazivovou blánou je zavěšen na jazylce. Největší je **chrupavka štítná** *(cartilago thyreoidea)*, pod ní je **chrupavka prstencová** *(c. cricoidea)*, na jejíž zadní stranu nasedají dvě trojboké **chrupavky hlasivkové** *(cartilagines arytaenoideae)*. Od chrupavky štítné k předním hrotům hlasivkových chrupavek jsou napjaty dva páry **hlasových vazů**, tvořících **hlasivkovou štěrbinu**. Hrtan je vystlán sliznicí. Nad chrupavkami hlasivkovými je šikmo skloněna chrupavčitá **příklopka hrtanová** *(epiglotis)*. Při polykání se příklopka sklání nad vchodem do hrtanu.

Hrtan
1 – jazylka
2 – příklopka hrtanová
3 – chrupavka hlasivková
4 – štěrbina hlasivková
5 – chrupavka prstenčitá
6 – průdušnice
7 – chrupavka štítná

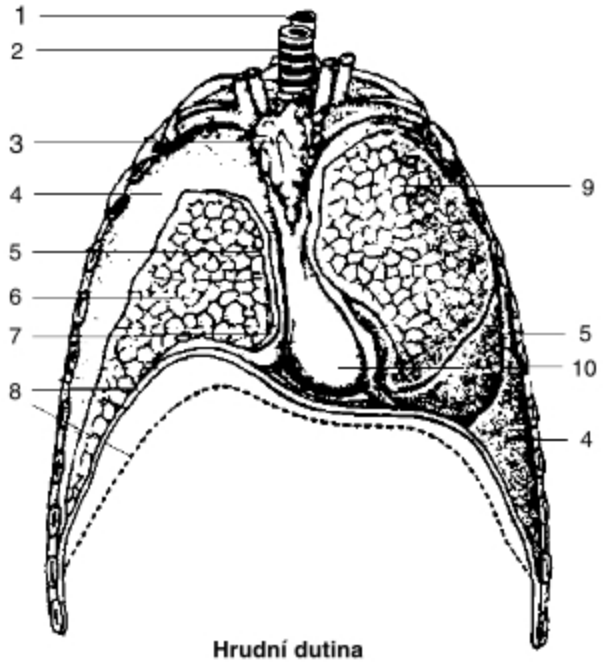




Dýchací cesty
1 – dutina nosní, 2 – hltan, 3 – hrtan, 4 – průdušnice, 5 – pravá průduška, 6 – pravá plíce, 7 – levá plíce

❑ PRŮDUŠNICE *(trachea)*

je připojena vazivem na dolní okraj chrupavky prstencové. Je dlouhá 10 až 12 cm a je složena ze 16 až 20 chrupavek, spojených vazivem. Je vystlána sliznicí a kryta řasinkovým epitelem. Sestupuje do mezihrudní přepážky a ve výši 4. a 5. hrudního obratle se štěpí na pravou a levou průdušku.



Hrudní dutina
1 – jícen, 2 – průdušnice, 3 – brzlík, 4 – pohrudnice, 5 – poplicnice, 6 – pravá plíce se 3 laloky, 7 – pohrudniční štěrbina *(prostor mezi pohrudnicí a poplicnicí)*, 8 – bránice, 9 – levá plíce se 2 laloky, 10 – osrdečník

❑ PRŮDUŠKY *(bronchi)*

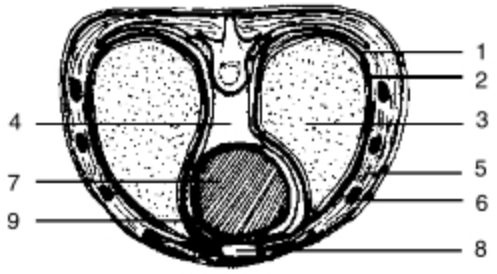
jsou rovněž chrupavčité. Zanořují se do plic a větví se dále na **průdušinky**. Sliznice průdušek obsahuje drobné hlenové žlázky a je kryta řasinkovým epitelem.

❑ PLÍCE *(pulmo)*

jsou párový orgán, uložený v dutině hrudní. Vazivovou **mezihrudní přepážkou** *(mediastinum)* jsou odděleny na pravou a levou plíci. V mezihrudní přepážce je uložen osrdečník se srdcem vychýleným k levé straně. Levá plíce je menší, tvořená dvěma laloky, pravá je větší, tvořená třemi laloky. Povrch plic kryje vazivová blána – **poplicnice** *(pleura pulmonalis)*, přecházející na vnitřní stranu hrudníku jako **pohrudnice** *(pleura parietalis)*. Mezi oběma blánami je **štěrbina pohrudniční**, vyplněná vazkou tekutinou, umožňující klouzání blan při dýchání.

Průdušinky se větví v tenkostěnné **alveolární chodbičky**, otvírající se do **plicních sklípků** *(alveolů)*. Stěna sklípků je tvořena jednovrstevným epitelem; je podepřena sítí jemných vazivových vláken a zevně opředena sítí krevních vlásečnic. Ve stěnách sklípků probíhá výměna plynů. *(Celková dýchací plocha je asi 100 m^2.)*

Plicní ventilace je výměna alveolárního vzduchu.

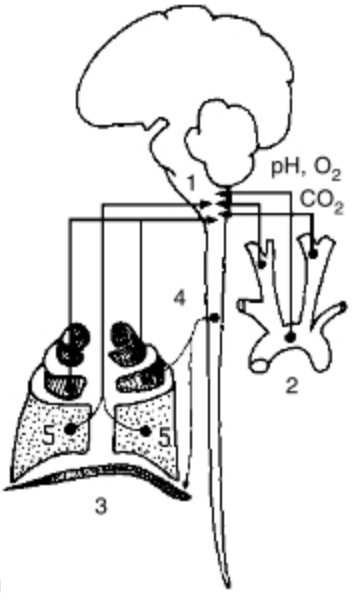


Příčný řez dutinou hrudní
1 – pohrudnice, 2 – poplicnice, 3 – levá plíce, 4 – mezihrudní přepážka, 5 – mezižeberní svaly, 6 – žebro, 7 – srdce, 8 – hrudní kost, 9 – osrdečník

❑ MECHANIKA DÝCHÁNÍ

Hlavními vdechovými svaly jsou **bránice** *(diaphragma)* a **zevní mezižeberní svaly**. V pohrudniční štěrbině je podtlak a tlakem atmosférického vzduchu jsou plíce tlačeny k hrudní stěně. Pasivně sledují změny objemu hrudní dutiny. Při vdechu se bránice pohybuje směrem dolů jako píst a stahem mezižeberních svalů se hrudník zvětšuje. Výdech nastává ochabnutím bránice a mezižeberních svalů a jeho dokončení zajišťují vnitřní mezižeberní svaly. Dojde-li k poranění pohrudniční štěrbiny zvenčí, vnikne do ní vzduch a plíce se smršťí, nastává **pneumotorax**.

Počet vdechů za minutu při klidném dýchání je asi 16. Při každém vdechu a výdechu se vymění asi 0,5 dm^3 vzduchu. Minutový objem dechový je tedy asi 8 dm^3 vzduchu. V klidu je využita jen malá část kapacity plic. Po normálním vdechu můžeme ještě usilovně vdechnout asi 2,5 dm^3 vzduchu a po klidném výdechu ještě usilovně vydechnout asi 1 dm^3 vzduchu. Jestliže tedy po usilovném vdechu usilovně vydechneme, můžeme vyměnit cca 4 dm^3 vzduchu. Tento objem je označován jako **vitální kapacita plic**. Její hodnota závisí na věku, pohlaví, trénovanosti a zdravotním stavu.



1 – ústředí v prodloužené míše
2 – čidla v aortě a v krkavicích
3 – bránice
4 – mišní nervy, řídící činnost dýchacích svalů
5 – čidla v plících a v dýchacích svalech

Řízení dýchacích pohybů

Řízení dýchacích pohybů uskutečňuje **dýchací centrum** v prodloužené míše, kde vznikají rytmické vzruchy, které jdou míšními nervy k dýchacím svalům. Činnost dýchacího centra je ovlivňována chemickými podněty *(změnou koncentrace CO_2 a O_2 v krvi, změnou pH)*. Chemoreceptory se nacházejí v aortě a v krkavicích. Pohyby jsou řízeny také nervově z dostředivých drah bloudivého nervu, jehož zakončení jsou dážděna napínáním plicních sklípků. Činnost dýchacího centra můžeme ovlivnit i vědomě *(dočasnou zástavou dechu)* a ovlivňují ho také emoce *(smích, pláč, hněv)*.

❑ OBRANNÉ REFLEXY DÝCHACÍ

Ve sliznici dýchacích cest jsou nervová zakončení, která jsou dážděna pevnými částečkami *(které sem pronikly při vdechu)*, nadměrným množstvím hlenu, dráždivými a čpavými látkami. Podráždění sliznice nosní vyvolává **kýchnutí**. Podráždění sliznice hrtanu, průdušnice a průdušek vede ke **kašli**. Při obojím podráždění dochází k prudkému výdechu, jehož cílem je odstranění dráždivé nebo škodlivé částečky z dýchacích cest.

❑ Mezi ONEMOCNĚNÍ DÝCHACÍ SOUSTAVY patří:

Respirační infekce, jejichž původci jsou viry, bakterie nebo mykoplazmata. Patří sem:

- **Chřipka** – akutní horečnaté onemocnění virového původu, postihující dýchací ústrojí v podobě rýmy, bolesti v krku a kašle. Doprovodnými příznaky jsou bolesti svalů, kloubů a hlavy.
- **Pneumonie** *(zápal plic)*, jejíž příčinou mohou být viry, bakterie i mykoplazmata. Dochází k zaplnění plicních sklípků tekutinou a hlenem, a v důsledku toho i ke ztížení funkcí celého organismu. Zvláště u lidí starších, tělesně slabých či postižených jiným onemocněním, může být i příčinou úmrtí.
- **Tuberkulóza** *(TBC)* je těžké onemocnění, vyvolané bakteriemi *(Mycobacterium tuberculosis)*. Organismus na ně reaguje podobně jako při pneumonii. Bacily TBC se usidlují v plicích, zjizvují jejich tkáň a rozšiřují se i do jiných orgánů. Dojde-li současně k oslabení organismu v důsledku jiného onemocnění, může se TBC aktivovat a poškodit plícní tkáň potrháním.

❑ PORUCHY OVLIVŇUJÍCÍ PLICNÍ FUNKCE

Postižení vdechují a vydechují méně vzduchu než srovnatelné, zdravé osoby. Jejich příčiny jsou různé:

- **Ucpání dýchacích cest** hlenem u nemocných s chronickou bronchitidou. Dlouhodobým vdechováním škodlivých prachových částic dochází ke ztlušťování stěn dýchacích cest a ke zmenšení vnitřního průsvitu.
- **Astma** je onemocnění způsobené stahy pruhů hladké svaloviny ve stěnách bronchiolů, čímž dochází k jejich zúžování. Potíže mohou být prohloubeny otoky a ztlušťováním stěny dýchacích cest a zvýšenou produkcí hlenu. Jedná se o záchvatovitou chorobu, ve většině případů spjatou s alergiemi *(na pyly, některé druhy potravin, prach, srst zvířat a peří ptáků, roztoče, určité léky, fyzickou námahu nebo psychické stresy)*. Důležitou součástí úspěšného léčení astmatu je tedy poznání příčin *(alergenů nebo spouštěcích mechanismů)* a jejich odstranění. Podávají se léky, které svým účinkem roztahují bronchioly a čistí dýchací cesty.
- **Kouření** působí škodlivě nejen na funkci dýchací soustavy, ale také na žaludek, srdce a močový měchýř. K prachovým částicím obsaženým v kouři patří také toxické látky, především nikotin, oxid uhelnatý a dehet. Kouření je příčinou bronchitidy, plicní rakoviny a kardiovaskulárních chorob.

SOUSTAVA TRÁVICÍ

se zúčastňuje na přeměně látek *(metabolismu)*:

a) **trávením**, tj. mechanickým a chemickým zpracováním potravy;

b) **vstřebáváním**, tj. převáděním jednoduchých látek, vzniklých trávením, do vnitřního prostředí organismu. Vstřebané látky využije organismus jednak jako zdroj energie, jednak jako stavební látky pro složky své vlastní živé hmoty;

c) **odstraňováním nestravitelných odpadních látek** z organismu.

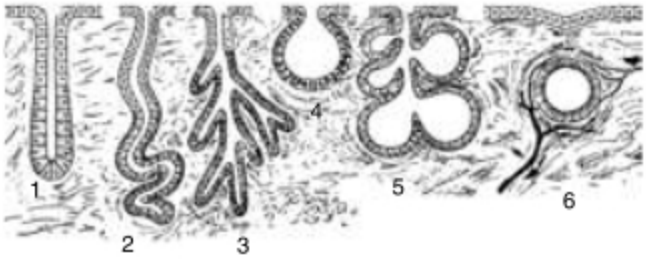
❑ TRÁVICÍ TRUBICE

začíná otvorem ústním a končí otvorem řitním. K ní jsou připojeny žlázy slinné, slinivka břišní a játra. Stěny trávicí trubice se skládají ze:

- sliznice,
- podslizničního vaziva,
- svalové vrstvy
- zevního povlaku.

• **Sliznice** vystýlá trávicí trubici. Její povrch tvoří epitel, který je buď pouhou výstelkou, nebo epitelové buňky produkují určité látky *(žlázový epitel)*, nebo jsou to epitelové resorpční buňky. **Žlázové buňky** jsou v epitelu buď roztroušené, nebo se sdružují a vchlipují do hlubších vrstev a tvoří trubičky nebo váčky. Šťávy, které žlázy produkují, mají v těle

buď nějakou funkci a pak se nazývají **sekrety**, nebo jsou to produkty odpadní a pak se nazývají **exkrety**. Některé žlázy se při vchlipování úplně oddělují od povrchového epitelu a tvoří **žlázy bez vývodu** nebo také žlázy s vnitřní sekrecí.

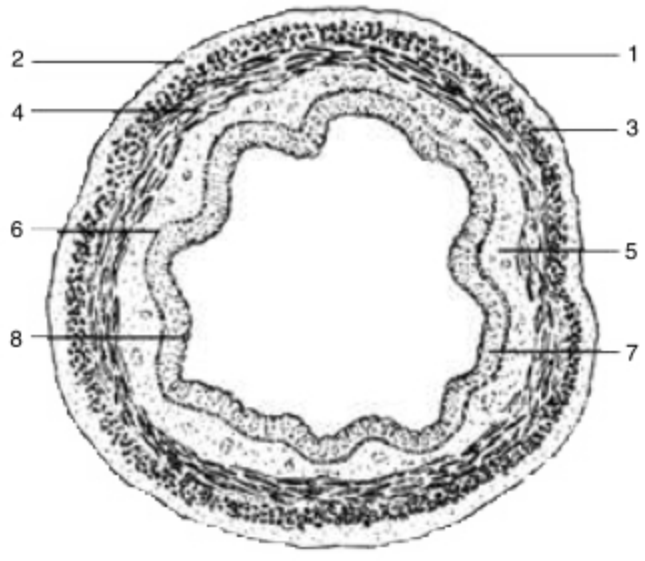


Žlázy
1, 2 – jednoduché trubicovité žlázy,
3 – rozvětvená trubicovitá žláza,
4 – jednoduchá váčkovitá žláza, 5 – složená váčkovitá žláza,
6 – žláza bez vývodu *(s vnitřní sekrecí)*

• **Podslizniční vazivo** je řídké a nacházejí se v něm hrubší kmeny cévní. Připevňuje sliznici ke svalové vrstvě.

• **Svalová vrstva** je tvořena převážně hladkou svalovinou. Jen začátek trávicí trubice *(až ke střední části jícnu)* a dolní konec konečníku jsou tvořeny příčně pruhovanou svalovinou. Hladká svalovina tvoří vnitřní vrstvu, uspořádanou kruhovitě, a vnější vrstvu, uspořádanou podélně. Mezi těmito vrstvami se nacházejí pleteně sympatických a parasympatických nervů, řídících **peristaltické pohyby**, jimiž je potrava v trubici posouvána.

• **Řídký vazivový obal** tvoří zevní povrch trávicí trubice.



Stavba stěny trávicí trubice
1 – serózní blána, 2 – řídké vazivo,
3 – vrstva podélné svaloviny, 4 – vrstva okružní svaloviny,
5 – podslizniční vazivo, 6 – svalová vrstvička sliznice,
7 – slizniční vazivo, 8 – slizniční epitel

Součástí trávicí trubice jsou:

- ❑ dutina ústní,
- ❑ jícen,
- ❑ žaludek,
- ❑ tenké a tlusté střevo,
- ❑ trávicí žlázy,
- ❑ konečník.

❑ **DUTINA ÚSTNÍ** *(cavum oris)* je tvořena:

- tvrdým a měkkým patrem,
- mandlemi patrovými,
- dásněmi,
- zuby,
- jazykem.

• **Mandle patrová** *(tonsila palatina)* je podlouhlý útvar s rozbrázděným, nerovným povrchem. Jamky *(krypty)* na povrchu mandle jsou vyplněny buňkami, leukocyty *(lymfocyty)* a bakteriemi. Lymfoidní tkáň mandle tvoří ochranný val proti infekci. Zduří-li mandle, žúží se vchod do hltanu, což ztěžuje polykání.

Dutina ústní je neustále navlhčována slinami, vznikajícími v drobných žlázkách, roztroušených všude po sliznici. Tři páry velkých **slinných žláz** *(příušních, podčelistních a podjazykových)* vyměšují velké množství slin na podněty chuťové, zrakové a čichové.

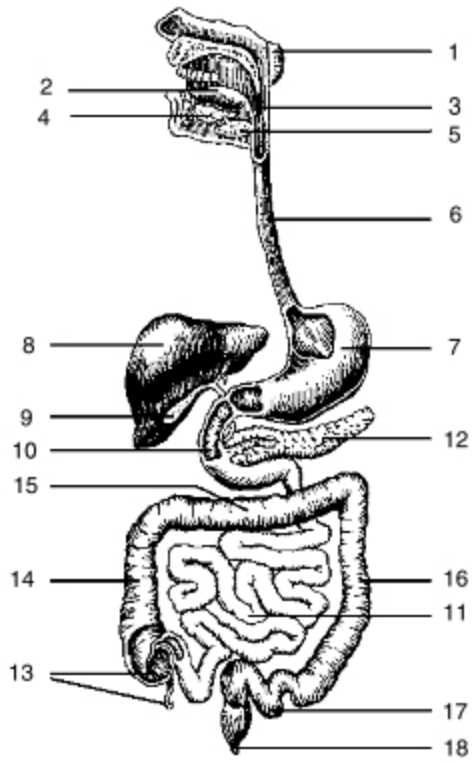
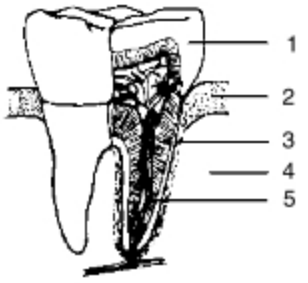


Schéma trávicí soustavy
1 – příušní slinná žláza, 2 – jazyk, 3 – hltan,
4 – podjazyková slinná žláza, 5 – podčelistní slinná žláza,
6 – jícen, 7 – žaludek, 8 – játra, 9 – žlučník, 10 – dvanáctník,
11 – tenké střevo, 12 – slinivka břišní,
13 – slepé střevo s apendixem, 14 – tračník vzestupný,
15 – tračník příčný, 16 – tračník sestupný,
17 – esovitá klička, 18 – konečník

• **Sliny** navlhčují a rozmělňují potravu. Obsahují 99 % vody, 0,7 % organických a 0,3 % anorganických látek. Obsahují slinnou **amylázu** *(ptyalin)*, štěpící ve vodě nerozpustné polysacharidy až na rozpustnou, sladkou maltózu, dráždící chuťové buňky. Součástí slin je také **mucin**, dodávající slinám vazkost a potravě kluzkost. **Lyzozym**, obsažený ve slinách, ničí bakterie a choroboplodné zárodky.

• **Zuby** *(dentes)* mají vyčnívající korunku, krček obklopený dásňovou sliznicí a kořen zapuštěný do lůžka *(alveolu)* dásňového výběžku čelisti. Povrch korunky kryje **sklovina** *(email)*, pod ní je **zubovina** *(dentin)*. Uvnitř korunky je dutina dřeňová, vyplněná **dření** *(pulpou)* s cévami a s nervy. Podle tvaru korunek rozlišujeme 4 druhy zubů:

řezáky I *(incisivus)*,
špičáky C *(caninus)*,
zuby třenové P *(premoláry)*,
stoličky M *(moláry)*.



Stavba zubu
1 – sklovina
2 – dáseň
3 – zubovina
4 – čelist
5 – dřeň *(pulpa)*

Dětský **mléčný chrup** je tvořen 20 zuby *(chybí zuby třenové)*. Označují se malými písmeny a vzorec mléčného chrupu lze napsat:

$$\frac{m_2\ m_1\ c\ i_2\ i_1 \mid i_1\ i_2\ c\ m_1\ m_2}{m_2\ m_1\ c\ i_2\ i_1 \mid i_1\ i_2\ c\ m_1\ m_2}$$

Do 15 roku věku je mléčný chrup nahrazen **chrupem trvalým**, tvořeným 32 zuby. Označují se velkými písmeny nebo také jen čísly:

I_1	I_2	C	P_1	P_2	M_1	M_2	M_3
1	2	3	4	5	6	7	8

• **Jazyk** *(lingua)* je svalnatý orgán, který obrací a posouvá potravu; zúčastní se při tvorbě řeči. Jeho zadní část – kořen se připojuje k jazylce. Na hranici kořene a hřbetu jazyka se nacházejí v bocích ohrazených papil **chuťové pohárky** *(viz str. 290)*.

• **Hltan** *(pharynx)* je společnou částí dýchací a trávicí soustavy. Má tři oddíly:

1. **Nosohltan** *(nasopharynx)*, do něhož ústí choany a oboustranně z boční stěny Eustachovy trubice, spojující nosohltan se středoušní dutinou.
2. **Ústní část hltanu**, v níž se kříží dýchací a polykací cesty.
3. **Hrtanová část** je proti hrtanu neúplně uzavřena příklopkou hrtanovou, která se při polykání sklání a brání vniknutí polykaného sousta do hrtanu.

❑ **JÍCEN** *(oesophagus)*

je trubice dlouhá asi 32 cm. Prochází mezihrudní přepážkou a bránicí a ústí do žaludku. V horní části je tvořen příčně pruhovaným svalstvem, v dolní části svalstvem hladkým. Vykonává peristaltické pohyby.

❑ **ŽALUDEK** *(ventriculus, gaster)*

je vakovitý orgán objemu 1,5 dm^3. Jícen navazuje na žaludek **česlem** *(cardia)*. Je uložen pod levým lalokem jater. Je vystlán sliznicí, krytou *(na rozdíl od jícnu)* jednojaderným válcovým epitelem, který se vchlipuje do slizničního vaziva a tvoří četné trubicovité žlázky, produkující **žaludeční šťávu**. Hlavními součástmi žaludeční šťávy jsou kyselina chlorovodíková, pepsin a mucin.

• **Kyselina chlorovodíková** vytváří v žaludku kyselé prostředí *(pH = 1)*, ničí choroboplodné zárodky, brání rozkladu některých vitaminů *(B_1, B_2, C)*, přeměňuje nerozpustné minerální látky na soli rozpustné ve vodě, umožňuje přeměnu neúčinného pepsinogenu na účinný pepsin.

• **Pepsin** štěpí ve vodě nerozpustné bílkoviny na rozpustné polypeptidy.

• **Mucin** je součástí zásaditého hlenu, vytvářejícího ochranný povlak žaludeční sliznice. Chrání ji tak před natrávením vlastní žaludeční šťávou.

Vyměšování žaludeční šťávy je řízeno nervově a chemicky. Sousta, přicházející do žaludku, dráždí žaludeční sliznici. V ní se tvoří hormon **gastrin**, který je krví zanesen ke žlázám sliznice a vyvolá sekreci žaludeční šťávy.

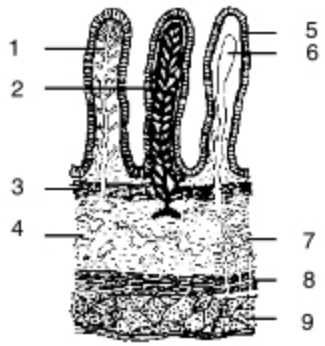
Stahy žaludeční svaloviny potravu rozmělňují a promíchávají. Pozvolna **tráveninu** *(chymus)* posouvají k **vrátníku** *(pylorus)*. Trávenina je uvolňována kruhovým svěračem vrátníku po malých dávkách do dvanáctníku.

❑ **TENKÉ STŘEVO** *(intestinum tenue)*

je dlouhé 3 až 5 metrů a široké 3 cm. Jeho sliznice je bohatě zřasená, s jemnými výběžky – klky.

Do počátečního oddílu – **dvanáctníku** *(duodenum)* se otvírá vývod žlučový a vývod slinivky břišní. Další oddíly jsou svinuty v četné kličky a zavěšeny k zadní stěně břišní tenkou zřasenou blanou – **okružím** *(mesenterium)*. Horní $^3/_5$ těchto kliček se nazývají **lačník** *(jejunum)*, dolní $^2/_5$ **kyčelník** *(ileum)*. Mezi klky jsou ve sliznici jednoduché trubicovité žlázky střevní, produkující slabě zásaditou **střevní šťávu**. Šťáva obsahuje enzymy **peptidázy**, štěpící bílkoviny až na aminokyseliny, **lipázy**, štěpící tuky, a **amylázy**, štěpící cukry. Pod epitelem *(zvláště kyčelníku)*

jsou shluky **lymfoidního vaziva** s četnými lymfocyty. V horní části střeva se nacházejí buňky, které při styku s tráveninou začnou produkovat hormony **sekretin** a **pankreozymin**, jež jsou krví zaneseny do slinivky břišní, která začne produkovat pankreatickou šťávu, obsahující enzymy pro trávení všech živin.



Stavba stěny střevní
1 – tepna větvící se do klku
2 – vlásečnice sbírající se do žíly
3 – vrstvička svalstva ve sliznici
4 – podslizniční vazivo
5 – epitel
6 – kyjovitý začátek mízní cévy
7 – pleteň mízních cév
8 – vrstva kruhové svaloviny
9 – vrstva podélné svaloviny

❑ TRÁVICÍ ŽLÁZY

• Slinivka břišní *(pancreas)*

je smíšenou žlázou. Je to protáhlý orgán 14 až 18 cm dlouhý, uložený svou nejširší částí v ohbí dvanáctníku. Skládá se z lalůčků *(tubulů)*, vyúsťujících trubičkami do hlavního vývodu. Součástí **pankreatické šťávy** jsou:

– **trypsin**, štěpící bílkoviny;

– **lipázy**, štěpící tuky;

– **amylázy** štěpící cukry.

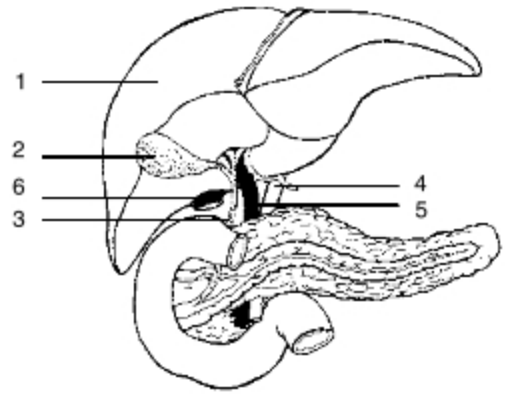
Mezi žlázovými trubičkami jsou vtroušeny shluky drobných buněk – **Langerhansovy ostrůvky**, vyměšující do krve hormon **insulin**.

Slinivka břišní
1 – žaludek, 2 – slinivka břišní, 3 – dvanáctník, 4 – hlavní vývod slinivky

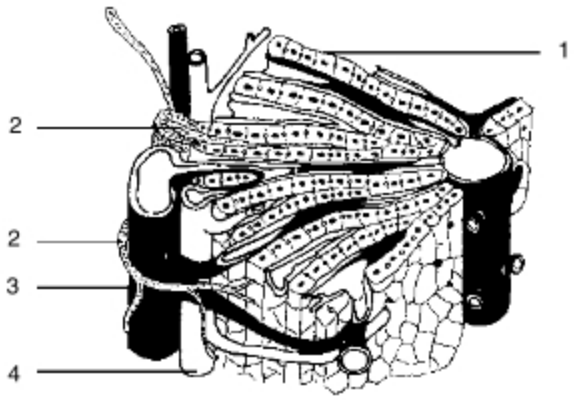
• Játra *(hepar)*

jsou největší žlázou v těle *(1,5 kg)*, uloženou v pravé brániční klenbě. Jsou tvořena větším pravým a menším levým lalokem. Skládají se z podlouhlých, vícehranných **lalůčků** *(1 až 2 mm)*, tvořených jaterními buňkami, seřazenými v trámečky paprsčitě se rozbíhající od podélné osy lalůčku.

Trámečky tvoří 2 řady buněk a do štěrbiny mezi oběma řadami vylučují jaterní buňky **žluč**, která odtéká do žlučovodů. Z každého laloku jaterního vychází po jednom vývodu a ty se spojují ve **vývod jaterní** *(ductus hepaticus)*, k němuž je po straně připojen **žlučník** *(vesica fellea)*, přirostlý na spodní plochu pravého laloku jaterního. Společný vývod žlučníku a vývodu jaterního ústí do dvanáctníku v těsném sousedství vývodu slinivky břišní.



1 – játra, 2 – žlučník, 3 – společný žlučový vývod, 4 – břišní aorta, 5 – vrátnicová žíla, 6 – dolní dutá žíla



Stavba jaterního lalůčku
1 – jaterní buňky, 2 – žlučové kanálky, 3 – větev vrátnicové žíly, 4 – větev jaterní tepny

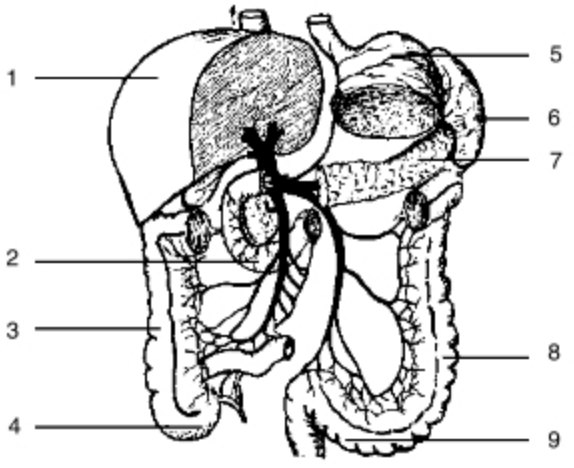


Schéma vrátnicové žíly
1 – játra, 2 – dvanáctník, 3 – tračník vzestupný, 4 – slepé střevo s apendixem, 5 – žaludek, 6 – slezina, 7 – slinivka břišní, 8 – tračník sestupný, 9 – esovitá klička

• **Žluč** *(fel, bilis)* je vazká kapalina žlutohnědé barvy, na vzduchu zelenající. Denně se jí tvoří 0,8 až 1 litr. Barvu podmiňuje **žlučové barvivo *(bilirubin)***, vznikající rozkladem krevního barviva. Hořkou chuť žluči působí sodné soli **žlučových kyselin**. Ty ve střevě aktivují pankreatickou lipázu a působí jemné rozptýlení ***(emulgaci)*** tuků, které jsou pak lipázami štěpeny.

Játra jsou zásobena krví jaterní tepnou a vrátnicovou žílou.

Při přeměně látkové mají játra nezastupitelný význam:

– nadbytečná glukóza se v nich ukládá ve formě glykogenu;
– probíhá zde novotvoření glukózy z necukerných složek;
– probíhá zde tvorba tuků ze sacharidů;
– nadbytečný dusík je převáděn na močovinu;
– syntetizují se zde plazmatické bílkoviny;
– jsou zásobárnou vitaminu B_{12} a vitaminů rozpustných v tucích *(A, D , K);*
– odbourává se zde hemoglobin a uvolněné železo se váže na feritin;
– syntetizují se zde látky potřebné pro normální srážlivost krve *(protrombin, protein C, plazminogen)*;
– tvoří se v nich velké množství tělesného tepla.

❑ **ONEMOCNĚNÍMI JATER**

Nejčastějšími onemocněními jater jsou hepatitidy a žlučové kameny.

• **Hepatitidy** mohou být virového původu, ale jejich příčinou může být i nadměrná konzumace alkoholu, případně alergie na některé léky.

– **Virová hepatitida typu A** se svými počátečními příznaky podobá chřipce. Projevuje se bolestmi v břišní dutině, zvětšením jater, poruchami trávení. Moč je tmavě zbarvená vyloučeným bilirubinem a dochází také k zežloutnutí kůže. Tento typ onemocnění se šíří při nedodržování hygienických zásad.
– **Virová hepatitida typu B** má podobný průběh. Šíří se krví a proto se nazývá také **sérová hepatitida**.
– **Alkoholická hepatitida** je vyvolaná nadměrným pitím tvrdého alkoholu. Nejprve dochází k zánětu jaterních buněk, později k jejich zániku. Mezi ostrůvky jaterních buněk se vytváří zjizvená *(vazivová)* nefunkční tkáň. Toto stadium se označuje **cirhóza**.

• **Žlučové kameny** vznikají z cholesterolu, je-li ve žlučníku nedostatečná koncentrace žlučových solí, jež brání srážení cholesterolu. K vytváření žlučových kamenů přispívá jednak individuální dispozice a jednak nadměrná konzumace energeticky bohatých potravin.

❑ **TLUSTÉ STŘEVO** *(intestinum crassum)*

je 1,5 m dlouhé a má průsvit 5 až 7 cm široký. Jeho první část – **slepé střevo** *(intestinum caecum)* – vytváří kapsu, do které ze strany vyúsťuje tenké střevo. Na spodině slepého střeva visí **červovitý přívěsek** *(appendix)* – lymfatická žláza, připomínající mandle. Následuje tračník vzestupný, příčný a sestupný s esovitou kličkou. Sliznice tlustého střeva není zřasena v klky. Obsahuje četné žlázové buňky, produkující hlen, který usnadňuje klouzání houstnoucího obsahu střevního. Tlusté střevo se začíná plnit 4 až 8 hodin po jídle:

– hromadí se v něm nestrávené a nestravitelné zbytky *(šlachy, části vaziva, chrupavky, buničina)*;
– dochází ještě ke vstřebávání vody, solí, vitaminů;
– žijí zde bakterie *(střevní mikroflora),* jednak **hnilobné**, produkující amoniak, sulfan, fenoly *(nežádoucí toxické látky),* jednak **bakterie kvasné**, produkující methan a oxid uhličitý. Činností střevních bakterií vznikají také vitaminy B_{12} a K.

Pro podněcování pohybů střev a správné vyprazdňování tlustého střeva je důležitá **vláknina** *(celulóza, pektiny, lignin)* v potravě. Svojí přítomností brání rozmnožování hnilobných bakterií a naopak podporuje činnost bakterií kvasných. Rozkladem žlučových barviv je zbarvován střevní obsah dohněda. Výkaly se hromadí v esovité kličce a v konečníku.

❑ METABOLISMUS LÁTEK A ENERGIÍ V LIDSKÉM TĚLE

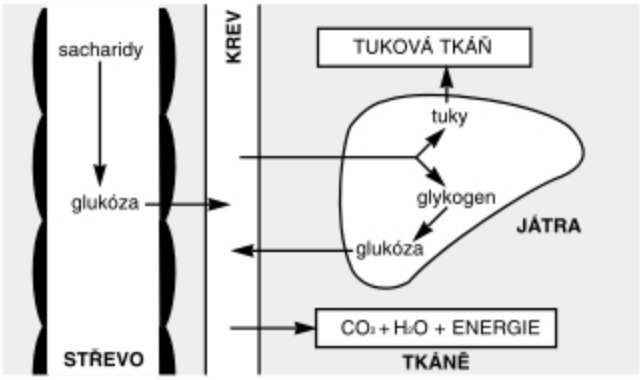
Přeměna látek probíhá neustále ve všech buňkách a spočívá v těchto hlavních dějích:

1. Z jednoduchých vstřebaných látek se syntetizují látky tělu vlastní – jednak látky stavební *(potřebné pro růst těla a obnovování buněk)*, jednak látky biologicky významné *(enzymy, hormony, nukleové kyseliny, plazmatické bílkoviny, krevní barvivo aj.)*. Tyto reakce se souhrnně označují jako **anabolické** a spotřebovává se při nich energie ***(reakce endergonické)***.
2. Část vstřebaných látek se štěpí na jednodušší látky. Tyto reakce se souhrnně označují jako **katabolické**. Dochází při nich k uvolňování energie ***(reakce exergonické)***. Tato energie zabezpečuje reakce anabolické a umožňuje veškeré životní děje.
3. Některé látky jsou ukládány v těle do zásoby. Odtud mohou být v případě potřeby uvolněny a použity k předchozím účelům. Zásobními látkami jsou tuky a sacharidy.

Úroveň přeměny látek v těle se neustále mění v závislosti na podmínkách zevního i vnitřního prostředí, na stavu a potřebách organismu. Anabolické a katabolické děje jsou ve zdravém, přiměřeně živeném organismu v rovnováze. Látková přeměna je řízena hormonálně a nervově.

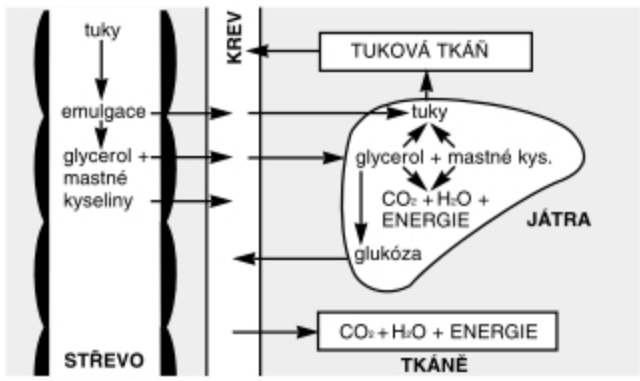
❑ METABOLISMUS SACHARIDŮ

Zásadní význam při metabolismu sacharidů má glukóza. Je přítomna ve všech tělních tekutinách. V krevní plazmě je stálá koncentrace glukózy. Zvyšuje se po požití potravy. Nadbytečná glukóza se přeměňuje na glykogen, který se ukládá v jaterních buňkách a v kosterním svalstvu. Glykogen se podle potřeby rozkládá zpět na glukózu a ta na jednodušší látky. Konečným produktem oxidace glukózy je oxid uhličitý a voda. Přitom se uvolní energie, která se váže do molekul ATP. Glukóza se může přeměňovat na tuky.



❑ METABOLISMUS TUKŮ *(lipidů)*

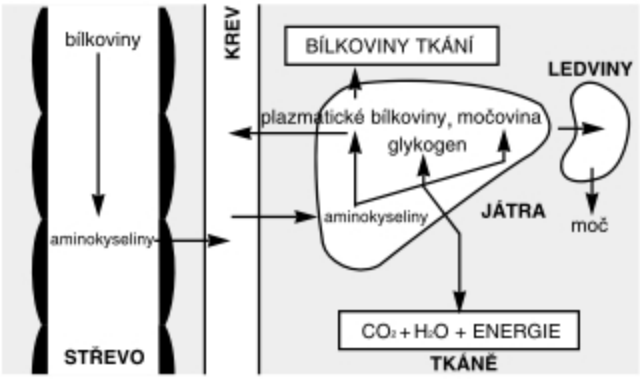
Tuky jsou jednak základní stavební složkou biomembrán, jednak se ukládají do zásoby v buňkách tukové tkáně. Určité stálé množství tuků je obsaženo v krevní plazmě. Při trávení se štěpí na glycerol a mastné kyseliny.
Při odbourání na jednodušší látky se glycerol začleňuje do anaerobní glykolýzy, mastné kyseliny jsou po dvouuhlíkatých částech tzv. β-oxidací začleněny do Krebsova cyklu.



❑ METABOLISMUS BÍLKOVIN

Bílkoviny mají význam jako základní stavební složky organismu a uplatňují se jako enzymy a hormony. Tráví se na aminokyseliny. V krvi je určitá stálá hladina aminokyselin. Zdrojem aminokyselin jsou jednak bílkoviny z potravy, jednak opotřebované bílkoviny z tkání; malé množství aminokyselin vzniká při přeměně sacharidů. Aminokyseliny jsou tedy potřebné:

– k syntéze stavebních bílkovin těla;
– k syntéze enzymů a hormonů;
– k syntéze plazmatických bílkovin;
– k přeměně na sacharidy.



Část aminokyselin se odbourává na jednodušší látky a při tom se získává energie. **Bílkoviny se neukládají do zásoby.** Při katabolickém odbourání aminokyselin dochází nejdříve k jejich deaminaci. Aminové skupiny se odštěpují ve formě toxického amoniaku, který je v jaterních buňkách v tzv. **ornitinovém cyklu** přeměněn na močovinu, jež je krví zanesena do ledvin a vyloučena močí z těla. Uhlíkaté zbytky aminokyselin se začleňují do Krebsova cyklu, kde jsou dekarboxylovány a dehydrogenovány.

• **BAZÁLNÍ METABOLISMUS** je látková přeměna potřebná právě jen k udržení života, a to při úplném tělesném i duševním klidu.

❑ SLOŽENÍ POTRAVY

ovlivňuje růst, vývoj, činnost a zdraví organismu. Záleží na množství *(kvantitě)* přijímané potravy, ale i na jejím složení *(kvalitě)*. Potrava správného složení musí obsahovat bílkoviny, sacharidy, tuky, vodu, minerální soli, vitaminy a pochutiny. *(Denní množství a složení potravy v závislosti na pohlaví, věku a práci viz doplněk str. 322.)* Denní příjem bílkovin by měl být asi 1 g na 1 kg tělesné hmotnosti. U dospívající mládeže cca 4 g na 1 kg tělesné hmotnosti, což odpovídá úhradě nepostradatelných *(esenciálních)* aminokyselin. Ostatní postradatelné aminokyseliny si organismus vytváří sám, především přeměnou sacharidů v játrech. *(Přehled esenciálních aminokyselin viz doplněk str. 327.)*

❑ **SACHARIDY** jsou nejpohotovější zdroj energie. Jejich podíl v potravě činí asi 50 %. Jsou přijímány hlavně ve formě polysacharidů, obsažených v bramborách, rýži, pečivu aj.

❑ **TUKY** rozpouštějí některé vitaminy, obsahují nenasycené mastné kyseliny *(linolovou, arachidonovou aj.)*, které jsou pro organismus **esenciální** *(nedovede si je syntetizovat)*. Tyto kyseliny jsou obsaženy v rostlinných tucích.

Odbouráním: 1 g sacharidů se získá cca 17 kJ
1 g bílkovin se získá cca 17 kJ
1 g tuků se získá cca 39 kJ

❑ **MINERÁLNÍ LÁTKY** nejsou zdrojem energie. Jsou nezbytnou součástí buněk a tělních tekutin – udržují stálost prostředí *(homeostázu)*, podílejí se na stavbě kostí a zubů.

❑ **VODA** je zdrojem vodíku a kyslíku. Je rozpouštědlem, ve kterém probíhají všechny biochemické reakce. Podílí se na udržování stálého pH vnitřního prostředí.

❑ **VITAMINY** jsou nezbytnou složkou potravy, nejsou však zdrojem energie. Jsou to účinné složky některých enzymů. Nedostatek potřebného množství v potravě je příčinou **hypovitaminózy**, naopak nadbytek může být příčinou **hypervitaminózy**. Oba stavy způsobují různá onemocnění. Úplný nedostatek určitého vitaminu se označuje jako **avitaminóza**. *(Přehled vitaminů a jejich význam viz doplněk str. 322–323.)*

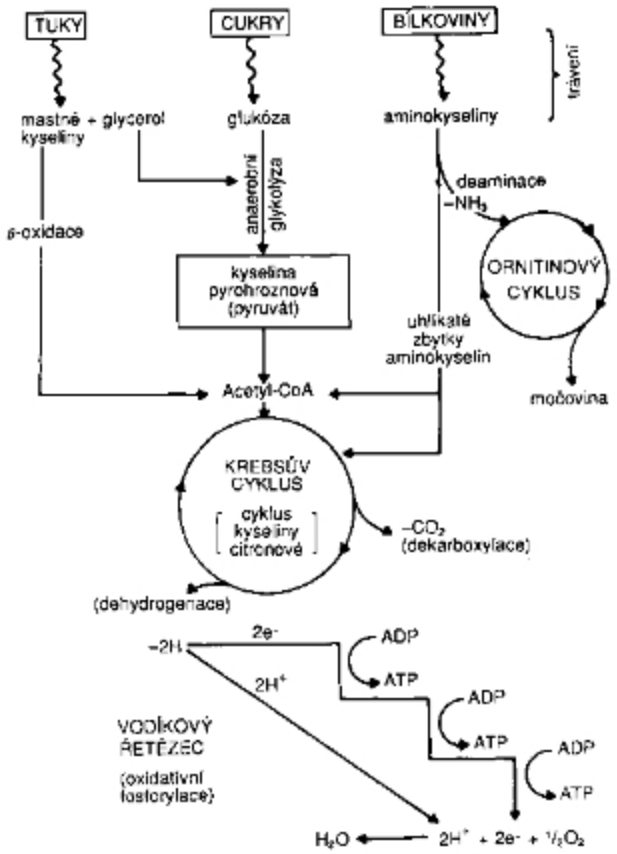


Schéma odbourání *(katabolismu)* **základních živin**

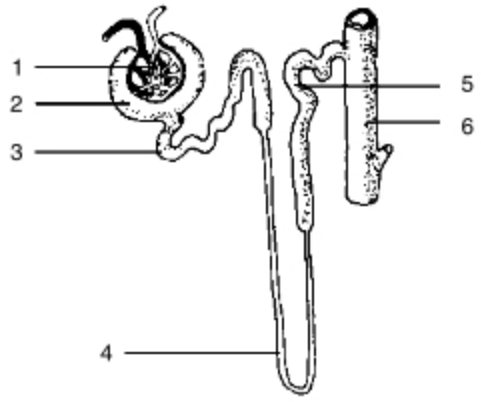
SOUSTAVA VYLUČOVACÍ

odstraňuje z těla odpadní látky metabolismu – exkrety. S výjimkou CO_2, který je vydechován, jsou tyto látky vylučovány především ledvinami ve formě moči, v menší míře též soustavou trávicí *(stolice)*, játry *(žlučová barviva)* a ústrojím kožním *(pot a maz)*.

❑ LEDVINY *(renes)*

jsou párový orgán, uložený po stranách bederní páteře. Pravá ledvina se dotýká spodní plochy jater, levá ledvina sleziny a konce slinivky břišní.

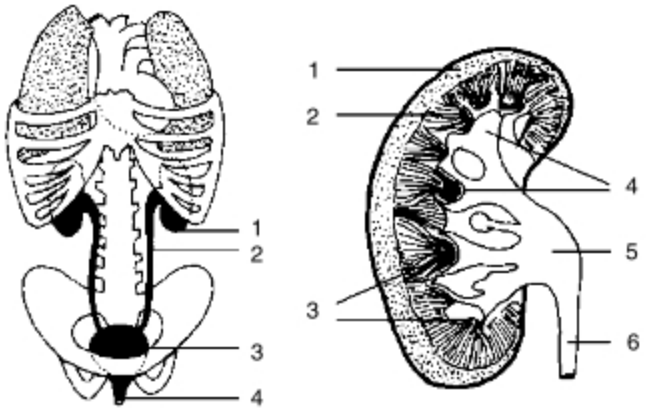
Ledvina je útvar asi 12 cm dlouhý, 6 cm široký a 4 cm silný. Vnitřní okraj ledviny tvoří zářez ***(branku ledvinovou)***, ve kterém vstupují a vystupují cévy a nervy a vystupuje močovod. Na podélném řezu ledvinou lze pozorovat světlejší **kůru ledviny** a vnitřní tmavší a žíhanou **dřeň ledviny**. Ledvina je trubicový *(tubulózní)* orgán. Základní stavební jednotkou ledviny je **nefron**. V ledvině je asi 1 milion nefronů. Nefron se skládá z **Bowmanova váčku** *(capsula Bowmani)*, ve kterém je **klubíčko** *(glomerulus)* krevních cév. Stěny Bowmanových váčků jsou z jednovrstevného plochého epitelu. Z váčků začínají úzké **vinuté kanálky I. řádu**, uložené v kůře. Z nich pokračují **rovné kanálky**, které vnikají do dřeně, otáčejí se zpět ***(Henleova klička)*** do kůry a v ní tvoří **vinuté kanálky II. řádu**. Jejich pokračováním jsou **kanálky sběrací**, vyúsťující na ledvinových papilách.



Stavba nefronu
1 – klubíčko vlásečnic, 2 – Bowmanův váček,
3 – vinutý kanálek I. řádu, 4 – Henleova klička,
5 – vinutý kanálek II. řádu, 6 – sběrací kanálek

Hlavním místem exkrece moči jsou Bowmanovy váčky. Z glomerulů se do váčků odevzdává převážná část kapalných složek *(kromě bílkovin)* jako tzv. **ultrafiltrát**, odtékající do vinutých kanálků,v nichž se vstřebává zpět převážná část vody a v ní řada rozpuštěných látek *(glukóza, aminokyseliny, nerostné složky a některé vitaminy)*. Za 24 hod. se přefiltruje cca 170 až 200 l **primární moči**. Kromě zpětného vstřebávání probíhá souběžně i exkrece některých látek přijímaných do těla, jako např. léků *(penicilin a jiná antibiotika, sulfonamidy)*, různých barviv

apod. **Definitivní moč** přitéká sběracími kanálky do **kalichů ledvinných**, z nich do **pánvičky ledvinné** *(pelvis renalis)* a z ní dále do **močovodu** *(ureter)*. Tato párová trubice 30 cm dlouhá a 5 až 7 mm v průměru sbíhá po zadní stěně břišní a ústí zezadu do **močového měchýře** *(vesica urinaria)*, uloženého za stydkou sponou. V něm se hromadí moč *(500 až 700 ml)*. Vyprazdňování močového měchýře ovládají 2 svěrače močové trubice. Vnitřní svěrač je z hladké svaloviny, vnější z příčně pruhované. Vyprazdňování měchýře je tedy možné ovládat vůlí, ale pouze do objemu asi 700 ml. Na spodině močového měchýře vyúsťuje močová trubice *(urethra)*, u žen dlouhá 3–5 cm u mužů 15–20 cm. Denně vyloučí člověk asi 1 až 1,5 l moči.



Vylučovací ústrojí
a) 1 – ledvina, 2 – močovod, 3 – močový měchýř, 4 – močová trubice
b) Řez ledvinou: 1 – kůra ledvinná, 2 – dřeň, 3 – papily ledvinné, 4 – kalichy ledvinné, 5 – pánvička ledvinná, 6 – močovod

❑ ŘÍZENÍ ČINNOSTI LEDVIN

je nervové a látkové. Vstřebávání vody ovlivňuje **antidiuretický hormon** *(ADH)*, produkovaný neurosekrečními buňkami hypotalamu. Vstřebávání sodných kationtů ovlivňuje hormon **aldosteron**, produkovaný buňkami kůry nadledvin. Průsvit přívodní cévy, a tím i přívod krve do glomerulů ovlivňuje **renin**, produkovaný ledvinami.

V ledvinách se tvoří také hormon **erytropoetin**, nezbytný *(esenciální)* pro tvorbu červených krvinek *(erytropoézu)*. Erytropoetin je syntetizován v buňkách lokalizovaných okolo ledvinových tubulů. Jeho produkce se zvyšuje při nedostatku kyslíku ve tkáních *(hypoxidóze)*.

Činnost ledvin je pro existenci organismu nezbytná. Ledviny svojí činností udržují stálost vnitřního prostředí těla. Při zastavení činnosti ledvin nastává během 3 až 5 dnů smrt.

❑ Nejčastější ONEMOCNĚNÍ LEDVIN

- **Ledvinné kameny** jsou obvykle *(v 80 %)* tvořeny šťavelanem vápenatým, méně často obsahují močany *(uráty)* nebo fosfáty. Tvorba kamenů souvisí s hladinou vápníku v krvi a k jejímu zvýšení přispívají např. nadměrná konzumace mléka, vitaminu D a hyperfunkce příštitných tělísek. Nejjednodušším preventivním opatřením proti tvorbě kamenů je pravidelný příjem dostatečného množství tekutin.
- **Infekce a záněty ledvin** se spojují s různými základními onemocněními *(spála, záněty nosohltanu)*. Jsou-li zánětem postiženy glomeruly *(glomeronefritida)*, dochází až ve 30 % k chronickému selhání ledvin.
- **Chronické selhání ledvin** lze léčit buď používáním dialyzačního přístroje *(umělé ledviny)*, nebo transplantací ledviny.
- **Akutní *(náhlé)* selhání ledvin** může nastat z různých příčin *(požitím jedu, velkou ztátou krve)*. Odbornou lékařskou léčbou se mohou po různě dlouhé době obnovit normální funkce – postižená osoba se uzdraví.

SOUSTAVA KOŽNÍ

KŮŽE A JEJÍ FUNKCE

❑ KŮŽE *(cutis, derma)*

pokrývá tělo a odděluje tak vnitřní prostředí organismu od zevního prostředí. U dospělého člověka pokrývá plochu 1,6 až 1,8 m^2. Kůže plní řadu rozmanitých funkcí, mezi něž patří:

- **ochrana těla** proti vniknutí škodlivých látek, mikroorganismů a před UV zářením;
- **udržování stálé tělesné teploty** prostřednictvím kožních cév a potních žláz. V horkém prostředí dochází k rozšíření kožních cév, zvětšení průtočnosti krve, a tím k urychlení výdeje tepla, v chladném prostředí je tomu naopak. Mnoho tělesného tepla se spotřebuje k odpaření potu;
- **smyslové funkce** – v kůži je uložena řada receptorů sloužících k vnímání mechanických, tepelných a bolestivých počitků;
- **skladovací funkce** – v podkožním vazivu je uložen tuk, který kromě funkce zásobní má i funkci mechanickou a izolační. Jsou zde uskladněny i vitaminy rozpusné v tucích;
- **vylučovací funkce** je zabezpečena mazovými a potními žlázami. Jejich sekrety – **pot** a **maz** – se uplatňují při ochraně kůže, pot svou kyselou reakcí omezuje růst mikroorganismů, a má proto slabé **desinfekční účinky**;
- **resorpční funkce** zdravé, neporušené kůže jsou poměrně malé. Přes kůži lze vpravovat jen látky rozpuštěné v tukových rozpouštědlech nebo v tucích, které lze do kůže vtírat. Poškozená kůže *(např. popálením)* má však velké resorpční schopnosti a organismus může být zaplavován mikroorganismy, které narušují stálost vnitřního prostředí.

Kůže se skládá z: ❑ pokožky a
❑ škáry.

❑ **POKOŽKA** *(epidermis)*

je tvořena mnohovrstevnatým, dlaždicovitým epitelem, jehož nejsvrchnější buňky stále rohovatějí, odumírají a odlupují se. Buňky hlubších vrstev se naopak stále dělí a vytlačují starší buňky k povrchu. V buňkách hlubších vrstev je obsaženo **kožní barvivo** *(melanin)*, které chrání hlouběji uložené buňky tkání před škodlivým UV zářením.

❑ **ŠKÁRA** *(corium)*

je pevná a pružná vazivová vrstva kůže. Proti pokožce vysílá četné výběžky *(papily)*, ve kterých jsou kapilární sítě a nervová zakončení.

• **Papily** zvětšují výživnou plochu pokožky, která je prakticky bezcévná. **Nervová zakončení** jsou čidly bolesti. Terminální nervová tělíska se vyskytují ve škáře v několika druzích. Např. jako:

– **hmatová *(Meissnerova)* tělíska**, umožňující dotykové čití;
– **Krauseova tělíska**, která jsou receptory chladu;
– **Ruffiniho tělíska** jako receptory tepla.

❑ **PODKOŽNÍ VAZIVO** *(tela subcutanea)*

je uloženo pod škárou a je v různých místech více či méně bohaté na tuk. Nacházejí se v něm **tělíska Vater-Paciniho**, která jsou receptory čití tlaku a tahu. Řídké podkožní vazivo umožňuje značnou pohyblivost kůže na některých částech těla, např. na krku a na čele.

❑ **PŘÍDATNÉ KOŽNÍ ORGÁNY**

(kožní deriváty) jsou vlasy, chlupy, nehty a kožní žlázy.

• **Vlasy a chlupy** vyrůstají z vlasových *(chlupových)* váčků, do kterých ústí mazové žlázy. S váčky jsou spojeny jemné snopečky hladkých svalových vláken.

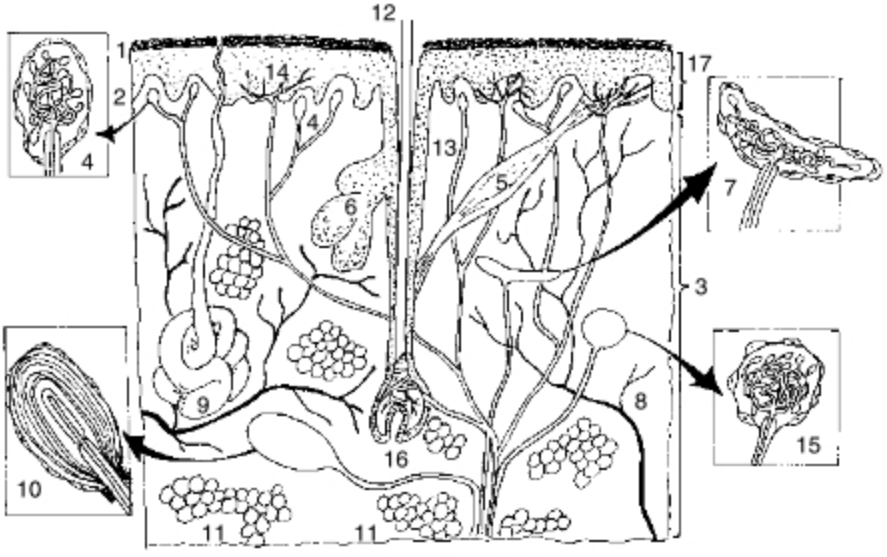
• **Mazové žlázy** jsou všude, kde se nacházejí vlasy a chlupy; chybějí na dlani a plosce nohy. Jejich výměšek – **kožní maz** činí pokožku vláčnou a hebkou, chrání ji; vlasy a chlupy chrání před vysycháním a lámavostí.

• **Potní žlázy** jsou v kůži rozloženy nerovnoměrně. Nejvíce je jich v podpaží, na čele, dlaních a ploskách noh. Pot obsahuje 98,5 % až 99 % vody, 0,6 % NaCl a rozpuštěné organické látky *(močovinu, mastné kyseliny, aminokyseliny aj.)*. Tvoří se z tkáňového moku. Zvýší-li se průtok krve vlásečnicemi opřádajícími žlázové buňky, prosakuje větší množství plazmy do tkáňové tekutiny a z této tekutiny tvoří buňky potních žláz pot. Množství vyloučeného potu závisí na teplotě prostředí a na tělesné námaze. Kolísá od 0,5 l do 10 l a více za 24 hod.

Ke kožním žlázám patří též: • apokrinní žlázy a
• žláza mléčná.

• **Apokrinní žlázy** *(sexuální, pachové)* produkují specificky zapáchající výměšky. Začínají být činné až v pubertě. Nacházejí se v podpaždí, v okolí konečníku a v kůži pohlavních orgánů.

• **Žláza mléčná** je největší kožní žlázou v těle. Embryonálně se zakládá u obou pohlaví. U dívek se rozvíjí v období pohlavního dospívání pod vlivem ženských pohlavních hormonů. Její základ tvoří 15 až 20 paprsčitě uspořádaných žlázových laloků, obklopených větším množstvím tukového vaziva. Z lalůčků vycházejí úzké **mlékovody**, které se sbíhají a vyúsťují na **prsní bradavce**.



Řez kůží

1 – zrohovatělá vrstva pokožky, 2 – zárodečná vrstva pokožky, 3 – škára *(corium)*, 4 – hmatové tělísko *(Meissnerovo)*, 5 – hladké svalstvo, 6 – mazová žláza, 7 – tepelný receptor *(Ruffiniho tělísko)*, 8 – cévní větve, 9 – potní žláza, 10 – Vater-Paciniho tělísko, 11 – podkožní tukové vazivo, 12 – vlas, 13 – vlasová pochva, 14 – volná nervová zakončení, 15 – chladový receptor *(Krauseovo tělísko)*, 16 – bradavka vlasová, 17 – pokožka *(epidermis)*

SOUSTAVY REGULAČNÍ

zajišťují tělesné funkce, umožňují přiměřenou reakci na měnící se požadavky při požití potravy, při práci, v klidu a ve spánku. Řízení tělesných funkcí je zajišťováno dvěma soustavami: – **látkovou**, – **nervovou**.

ŘÍZENÍ LÁTKOVÉ *(hormonální)*

je uskutečňováno prostřednictvím chemických látek:

- **hormonů**, které jsou vylučovány do krve **žlázami s vnitřní sekrecí** *(endokrinními žlázami)*;
- **neurohormonů**, produkovaných **neurosekrečními buňkami**;
- **tkáňových hormonů**, jež jsou vylučovány z tkání, které slouží primárně jiným účelům.

Aby mohla buňka na určitý hormon reagovat, musí obsahovat pro tento hormon tzv. **receptor**. Hormon působí na buňky cílových orgánů **přímo** – proniká do buňky a reaguje s receptorem přítomným v cytoplazmě buňky za vzniku hormon-receptorového komplexu, který ovlivňuje syntézu buněčných bílkovin *(proteosyntézu)*. Při **nepřímém** působení je receptor obsažen v cytoplazmatické biomembráně buňky. Vzniklý hormon-receptorový komplex ovlivňuje propustnost biomemrány pro určité látky.

U člověka je hormonální regulace uspořádána do hierarchických systémů. Z nich nejvýznamnější postavení má

❑ KOMPLEX HYPOTALAMOHYPOFYZÁRNÍ,

v němž zaujímají nejvyšší postavení **neurosekreční buňky spodiny mezimozku** *(hypotalamu)*, které tvoří dvě odlišné skupiny:

❑ Jedna skupina těchto buněk vysílá svá zakončení ke kapilárním kličkám hypofyzárního stonku, kterými prochází krev, zásobující **přední lalok podvěsku mozkového** *(adenohypofýza)*. Produkují jednak neurohormony stimulační – **liberiny**, jednak neurohormony inhibující – **statiny**, které ovlivňují produkci adenohypofyzárních hormonů buňkami adenohypofýzy.

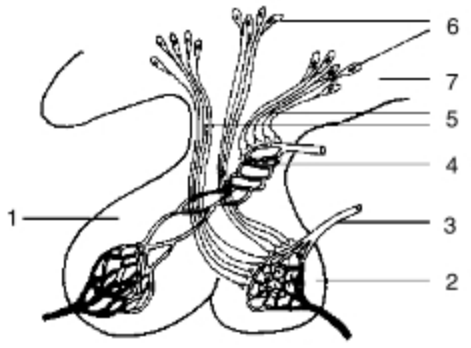
Mezi **adenohypofyzární hormony** patří:

1. **Růstový hormon** – somatotropní hormon STH, ovlivňující metabolismus bílkovin, tuků, sacharidů a minerálních látek. Uplatňuje se především v dětství a v dospívání. Při jeho nadměrném vyměšování *(hyperfunkci)* v době neukončeného růstu dochází k **obřímu růstu** *(gigantismu)*; naopak při sníženém vyměšování *(hypofunkci)* dochází u postižené osoby k **trpasličímu růstu** *(nanismu)*. Je-li tvorba hormonu zvýšena po ukončení růstu, narůstají dále části kostry, které nebyly ještě osifikovány *(čelní kost, dolní čelist, články prstů)* a také se nadměrně zvětšují vnitřní orgány. Soubor těchto příznaků se označuje jako **akromegalie**.
2. Hormony řídící činnost jiných endokrinních žláz:
   a) **Adrenokortikotropní hormon** ACTH, ovlivňující činnost nadledvinek.
   b) **Tyreotropní hormon** TSH, ovlivňující činnost štítné žlázy.
   c) **Gonadotropní hormony**, ovlivňující růst a činnost ženských a mužských pohlavních žláz. Mezi ně patří **folikulostimulující hormon** FSH, který u žen podporuje růst folikulů ve vaječnících a produkci ženských pohlavních hormonů *(estrogenů)*; u mužů ovliňuje tvorbu pohlavních buněk *(spermiogenezi)* a **luteinizační hormon** LH, podporující u žen růst žlutého tělíska a produkci hormonů žlutého tělíska *(progesteron)*; u mužů ovlivňuje produkci mužského pohlavního hormonu *(testosteronu)* Leydigovými buňkami.
   d) **Prolaktin** *(luteotropní hormon LTH)*, řídící rozvoj mléčných žláz, vyměšování mléka, rozvoj žlutého tělíska a ovlivňující rodičovské chování.

❑ Druhá skupina neurosekrečních buněk hypotalamu vysílá svá zakončení do **zadního laloku hypofýzy** *(neurohyphophysy)* a produkuje **neurohypofyzární hormony**, mezi něž patří:

– **Antidiuretický hormon** ADH, ovlivňující propustnost ledvinových kanálků pro vodu a její zpětné vstřebávání z moče do krve.

– **Oxytocin**, působící na hladké svalstvo dělohy, vyvolávající jeho stahy při porodu a stahy hladkého svalstva ve vývodech mléčné žlázy při sání kojence.



Hypofýza
1 – přední lalok *(adenohypofýza)*, 2 – zadní lalok *(neurohypofýza)*, 3 – cévní zásobení zadního laloku, 4 – cévní zásobení předního laloku, 5 – vlákna neurosekrečních buněk hypotalamu, 6 – neurosekreční buňky hypotalamu, 7 – hypotalamus

❑ Mezi **ENDOKRINNÍ ŽLÁZY** patří:

❑ **ŠIŠINKA** *(epiphysis cerebri)*

šišticovité tělísko, připojené ke stropu komory mezimozku. Její hormon **melatonin** brzdí pohlavní činnost. Jeho produkce je závislá na délce osvětlení. S prodlužováním světelného dne na jaře jeho tvorba klesá, a proto se tato žláza uplatňuje v tzv. „vnitřních hodinách" obratlovců *(viz str. 240)*.

❑ **ŠTÍTNÁ ŽLÁZA** *(glandula thyreoidea)*

je párová žláza, jejíž oba laloky leží po stranách chrupavky štítné. Při jejím mikroskopickém zkoumání lze pozorovat žlázové buňky, uspořádané do uzavřených váčků *(folikulů)*. Váčky jsou vyplněny bílkovinným roztokem, obsahujícím hormon **tyroxin**, který ovlivňuje oxidační procesy v buňkách. Nedostatečnost štítné žlázy v dětském věku vede ke zpoždění tělesného i duševního vývoje ***(kretenismus)***, u dospělého člověka se projeví útlumem celé řady tělesných funkcí. Nadměrná sekreční činnost štítné žlázy vede k projevům opačným – předrážděnosti, zrychlení srdeční činnosti, ke zvýšené produkci tělesného tepla *(jedinec špatně snáší teplo)*, k hubnutí, dochází ke zvětšení štítné žlázy ***(struma)***.

V blízkosti folikulů jsou uloženy zvláštní buňky, produkující hormon **kalcitonin**, který svým účinkem snižuje hladinu Ca^{2+} a PO_4^{3-} iontů v krvi *(je antagonistou parathormonu)*.

❑ **PŘÍŠTITNÁ TĚLÍSKA**
(glandulae parathyreoideae)

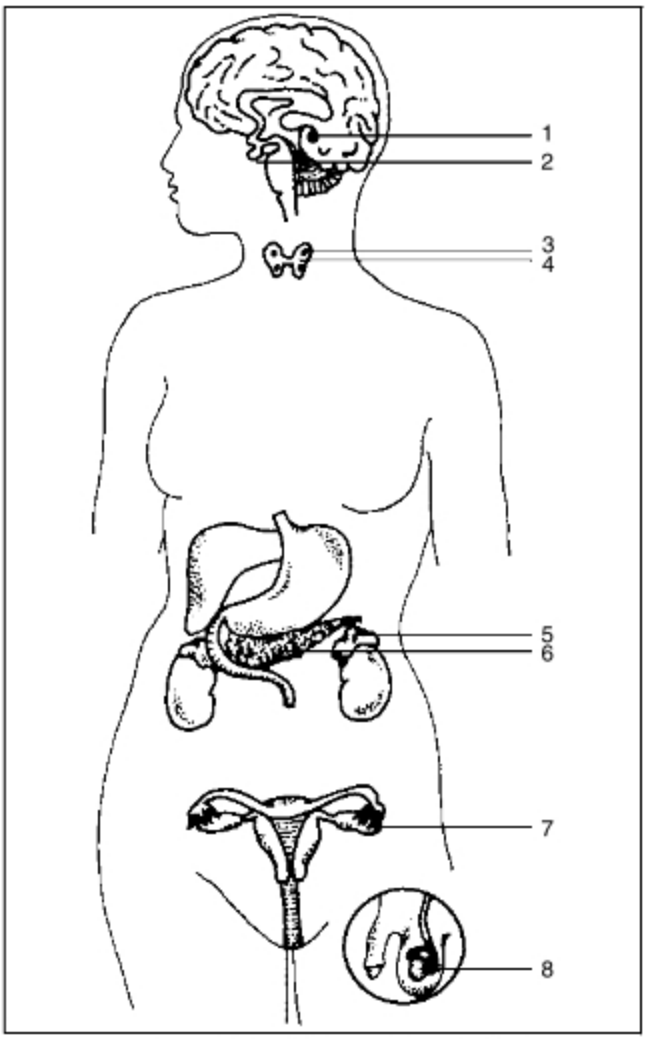
jsou čočkovité útvary, uložené na zadní straně štítné žlázy, které produkují **parathormon**. Tento hormon udržuje stálou hladinu vápenatých a fosforečnanových iontů v krvi. V případě potřeby podněcuje uvolňování vápníku z kostí. Při **hyperfunkci** dochází k **odvápnění kostí**, při **hypofunkci** se snižuje obsah vápníku v krvi, zvyšuje se nervosvalové dráždění až ke křečím ***(tetanie)*** dýchacích svalů, což může být příčinou udušení.

❑ **LANGERHANSOVY OSTRŮVKY**

jsou shluky buněk, roztroušené v hmotě slinivky břišní. Jde o dva typy buněk, z nichž jeden produkuje hormon **insulin**, snižující hladinu glukózy v krevní plazmě; druhý typ buněk produkuje hormon **glukagon**, který má účinek přesně opačný. Tvorba hormonů je závislá na koncentraci glukózy v krvi. Zvýší-li se hladina krevního cukru, zvýší se produkce insulinu a klesne produkce glukagonu a naopak.

❑ **NADLEDVINY** *(glandulae suprarenales)*

jsou párové orgány, uložené na horním pólu ledvin. Lze na nich rozlišit korovou a dřeňovou část.



Přehled uložení žláz s vnitřní sekrecí
1 – šišinka, 2 – podvěsek mozkový *(hypofýza)*, 4 – štítná žláza, na jejíž zadní straně jsou příštitná tělíska (3), 5 – nadledviny, 6 – Langerhansovy, ostrůvky ve slinivce břišní, 7 – vaječník, 8 – varle

Kůra nadledvin produkuje:

1. **Glukokortikoidy**, z nichž nejdůležitější je **kortisol**, který se zúčastňuje při řízení přeměny všech živin *(urychluje přeměny aminokyselin, uvolňuje tuky ze zásobních tkání, řídí syntézu glukózy z aminokyselin)*. Zvyšuje celkovou pohotovost organismu při zátěžových situacích *(stresech, infekčních chorobách, velké tělesné námaze)*.
2. **Mineralokortikoidy**, z nichž nejvýznamnější je **aldosteron**, řídící zpětné vstřebávání Na^+ a současně vylučování K^+ v ledvinových kanálcích.
3. **Androgeny**, případně **estrogeny**, jsou vylučovány v nepatrných množstvích a teprve v důsledku genetických postižení mohou být příčinou maskulinních znaků u žen nebo feminních znaků u mužů.

Dřeň nadledvin obsahuje neurosekreční buňky, podobné gangliovým buňkám centrální nervové soustavy *(viz nervová soustava)*.

Buňky produkují dva chemicky podobné hormony

- adrenalin a
- noradrenalin.

• **Adrenalin** vyvolává rozšíření svalových cév, podporuje srdeční činnost, zvyšuje sílu srdečního svalu. Působí také na hladkou svalovinu průdušek – rozšiřuje jejich průsvit a zlepšuje tak ventilaci plic.

• **Noradrenalin** vyvolává celkové zúžení cév a zvyšuje tak krevní tlak. Oba hormony svým účinkem dále také zvyšují odbourávání tuků a glykogenu; zvyšují tak obsah glukózy v krvi. Uplatňují se tedy v situacích, kdy organismus musí překonávat zátěžové stavy *(hlad, strach, infekci apod)* tím, že zvyšují jeho pohotovost a metabolismus.

❑ **VARLATA** *(testes)*

obsahují okolo semenných kanálků Leydigovy buňky, produkující hormon **testosteron**, který ovlivňuje růst a rozvoj mužských pohlavních orgánů a vznik mužských sekundárních pohlavních znaků. Testosteron podporuje též tvorbu bílkovin, a tím nárůst svalové hmoty *(má **anabolický účinek**)* a urychluje zánik růstových chrupavek.

❑ **VAJEČNÍKY** *(ovaria)*

v buňkách, tvořících stěnu Graafových folikulů, produkují ženské pohlavní hormony – *estrogeny*, např. **estradiol**, které u savců řídí cykly říje a u člověka menstruační cyklus a podmiňují vývoj ženských sekundárních pohlavních znaků. **Žluté tělísko** *(corpus luteum)*, které vzniká přeměnou Graafova folikulu, produkuje hormony *gestageny*, např. **progesteron**, působící na sliznici děložní, brání zrání dalších Graafových folikulů *(došlo-li k oplození vajíčka)* a působí na buňky mléčných žláz.

❑ **PLODOVÉ LŮŽKO** *(placenta)*

vytváří během těhotenství hormon **choriongonadotropin**, který působí na žluté tělísko a udržuje ho v činnosti. Produkuje též estrogeny.

❑ **TKÁŇOVÉ HORMONY**

produkované tkáněmi trávicí soustavy *(žaludku, střeva)* a ledvin *(viz dříve gastrin, sekretin, pankreozymin, renin, erytropoetin)*.

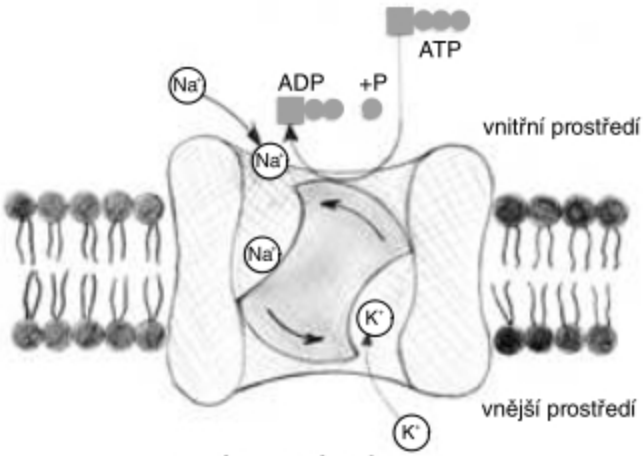
ŘÍZENÍ NERVOVÉ *(reflexní)*

umožňují specializované buňky – **neurony**. Změny vnějšího nebo vnitřního prostředí – podněty – zaznamenávají specializované buňky – **receptory**, které převádějí tyto změny na **vzruchy** *(impulzy)*. Ty jsou přiváděny do nervového centra a z něho na výkonné orgány – **efektory**. Převod vzruchu z receptoru nervovou drahou na efektor se označuje jako **reflex**.

❑ **NEURON** je vysoce specializovaná živočišná buňka. Vysoká specializace je příčinou, že nervová buňka většinou není schopna se dělit a rozmnožovat. Od ostatních tělních buněk se neuron liší i tvarem. Z jeho těla vybíhá mnoho větvících se výběžků ***(dendritů)*** a jeden nápadně dlouhý výběžek ***(neurit, axon)***. Povrch neuritu některých neuronů je chráněn dvojitou pochvou. Vnitřní, nesouvislou pochvu, přerušovanou zářezy, tvoří tukovitá látka ***(myelin)***. Zevní pochvu vytvářejí ploché **Schwannovy buňky**. Vodivost nervových vláken je závislá na síle myelinových pochev. Čím je pochva silnější, tím rychleji vede vlákno vzruchy. Myelinová i Schwannova pochva zabraňují šíření nervových vzruchů mezi sousedními vlákny. Mezi nervovými buňkami v centrálním nervstvu jsou **buňky gliové**, které nevedou vzruchy, ale mají funkci podpůrnou; chrání a vyživují neurony, fagocytují poškozené buňky.

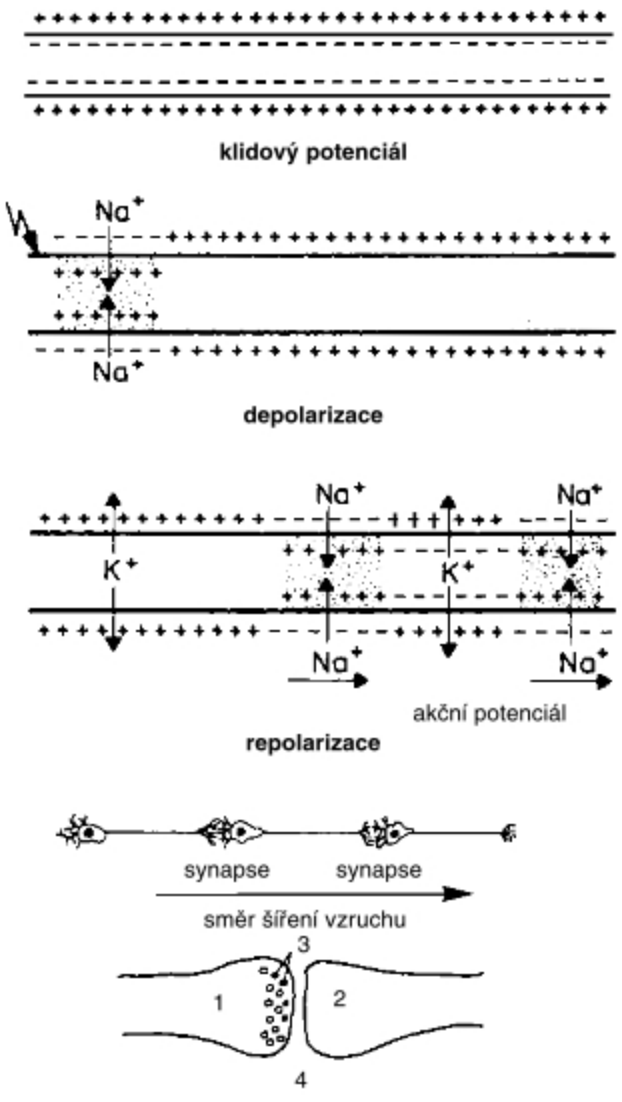
❑ PRINCIP ŠÍŘENÍ NERVOVÉHO VZRUCHU

Biomembrána neuronu je polopropustná. Propouští například **nitrobuněčné kationty** K^+ 50–100krát více než **mimobuněčné sodné kationty** Na^+. Kladně nabitých K-iontů odejde proto z buňky mnohem více než se do ní dostane kladně nabitých Na-iontů. V buňce se tento úbytek kladných iontů projeví převahou záporných chloridových iontů Cl^-. Biomembrána proto odděluje dvě prostředí s rozdílným elektrickým nábojem a převaha záporných iontů uvnitř buněk vytváří na ní tzv. **klidový potenciál** *(asi 0,1 V)*. Klidový membránový potenciál se vytváří u všech živých buněk, ale nervové buňky mají schopnost vytvářet akční potenciály. Je-li nervová buňka podrážděna, stává se biomembrána dočasně propustnou pro Na^+ ionty, které pronikají do nitra buňky *(asi 500krát rychleji)*, a tento přesun *(nastává **depolarizace**)*, trvající 1 až 2 milisekundy, změní klidový potenciál na **potenciál akční**, který se šíří po neuronu jako vlna **elektrické negativity** ***(vzruch)***. Kladné náboje z buňky ihned vystupují, nejdříve ve formě K^+ iontů, které jsou později vyměněny mechanismem aktivního transportu *(tzv. sodíkodraslíkovou pumpou)* zpět za Na^+ ionty. Je tedy depolarizace ihned vystřídána **repolarizací**, tj. návratem ke klidovému potenciálu. Děje jsou spojeny se značnou spotřebou energie *(ATP)*.



sodíko-draslíková pumpa

Je-li nervové vlákno drážděno elektrickým proudem, snadno se zjistí, že akční potenciál se vyvolá až při dostatečně silné intenzitě. Tuto určitou hodnotu podráždění označujeme jako **prahový podnět**.



1 – zakončení neuritu, 2 – zakončení dendritu, 3 – váčky s mediátorem, 4 – synaptická štěrbina

Přenos vzruchu z jedné buňky do druhé se uskutečňuje pomocí **zápojů *(synapsí)***. Jde o mezery mezi ukončeními neuritu jednoho neuronu a zakončeními dendritů druhého neuronu, široké jen několik tisícin milimetru. V zakončeních neuritu se nacházejí váčky, obsahující chemický přenašeč – **mediátor *(neurotransmitér)***. Odhaduje se, že člověk má přibližně 30 miliard nervových buněk. Počet synapsí lze potom odhadovat na stovky bilionů. Jakmile vzruch dospěje na zakončení neuritu, zvláštní smrštitelná vlákna začnou přisouvat váčky obsahující mediátor k biomembráně, až s ní splynou, prasknou a mediátor se vyleje do synaptické štěrbiny. Podráždí biomembránu sousedního neuronu a učiní ji propustnou především pro Na^+ ionty. Jakmile podráždění pomine, je mediátor rozložen enzymy a jeho účinek rychle vymizí. Vidíme tedy, že vzruch prochází neuritem jako elektrický impulz, který se v synapsi chemickou cestou přepne v další buňce opět na elektrický. Protože neurotransmitér se nachází jen v zakončeních neuritu, je veden vzruch jen jedním směrem.

Podstatou excitace neuronu je tedy **depolarizace**. Výše popsanou změnu membránového potenciálu v synaptické biomembráně následujícího neuronu označujeme jako **budivý *(excitační)* postsynaptický potenciál**. Neurotransmitéry *(acetylcholin, noradrenalin)*, které ho vyvolávají se označují jako **budivé *(excitační)* neurotrasmitery**.

Tlumivé *(inhibiční)* neurotrasmitery *(například kyselina γ-aminomáselná)* vyvolávají opačný děj – **hyperpolarizaci**, který je podstatou **útlumu *(inhibice)*** šíření nervového vzruchu. Podobný účinek jako neurotransmitéry mají některé **drogy**.

❑ NERVOVÁ SOUSTAVA ČLOVĚKA

je rozlišena na:

1. **Ústřední nervovou soustavu**, kterou tvoří
   - ❑ mozek a
   - ❑ mícha páteřní
2. **Obvodové** (periferní) **nervy**
   - ◊ dostředivé (senzitivní)
   - ◊ odstředivé ◊ motorické
     - ◊ autonomní ◊ sympatické
     - ◊ parasympatické

❑ **MOZEK** obratlovců v ontogenetickém vývoji vzniká z hlavové části nervové trubice *(ektodermálního původu)*, jež se diferencovala na tři části:

– **přední čichový mozek** *(prosencephalon);*
– **střední zrakový mozek** *(mesencephalon);*
– **zadní sluchový mozek** *(rhombencephalon)*, registrující podněty, které vycházejí z vnitřního ucha a z postranní čáry.

V dalším vývoji se *přední část* diferencovala na:

– **přední** *(koncový)* **mozek** *(telencephalon)* a
– **mezimozek** *(diencephalon),*

střední část zůstala a zadní část se rozlišila v

– **mozeček** *(cerebellum)* a
– **prodlouženou míchu** *(medulla oblongata).*

Toto rozčlenění lze pozorovat během zárodečného vývoje. Uchovává se v dospělosti v podobě tzv. **mozkového kmene**, který tvoří prodloužená mícha, most Varolův a střední mozek, představující nejstarší část mozku, kde jsou uložena centra všech životně důležitých funkcí. Po celé délce mozkového kmene se v jeho vnitřní části táhne pruh síťovitě uspořádaných neuronů – **retikulární formace**, sloužící jako převodní soustava do vyšších center mozku a také zajišťující pohybovou koordinaci a důležité životní funkce *(viz str. 280)*.

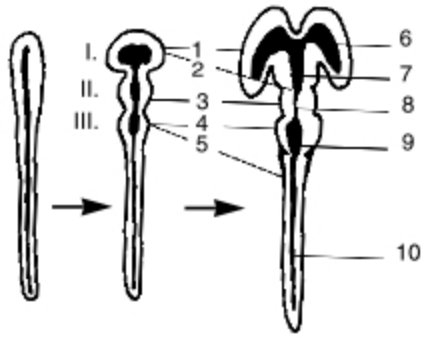


Schéma vývoje nervové soustavy
I. přední čichový mozek, II. střední zrakový mozek, III. zadní sluchový mozek
1 – přední mozek, 2 – mezimozek, 3 – střední mozek, 4 – zadní mozek *(mozeček a Varolův most)*, 5 – prodloužená mícha, 6 – postranní komora mozková, 7 – třetí komora mozková, 8 – kanálek Sylviův, 9 – čtvrtá komora mozková, 10 – míšní kanálek

ÚSTŘEDNÍ NERVOVÁ SOUSTAVA *(centrální)*

se skládá z šedé a bílé hmoty.

- **Šedá hmota** je tvořena těly neuronů a jejich krátkými výběžky.
- **Bílou hmotu** tvoří dlouhé výběžky neuronů, které se sdružují v nervové dráhy.

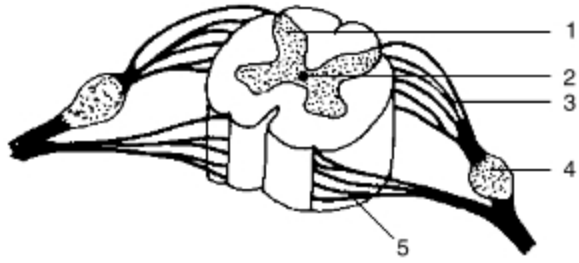
❑ MOZEK *(encephalon)*

je uložen v dutině lební, **mícha** v kanálu páteřním. Zevně jsou chráněny obaly *(plenami)*. Obal pro mozek tvoří **tvrdá plena** *(dura mater)*, která vystýlá dutinu lební a okolo míchy vytváří **míšní vak**. Mezi kostí a tvrdou plenou jsou cévy, tuk a vazivo. Pod tvrdou plenou jsou dvě měkké pleny: bezcévná **pavučnice** *(arachnoidea)* a pod ní cévami bohatě propletená **omozečnice** *(pia mater)*, na míše cévnatá **plena míšní**. Štěrbiny mezi oběma měkkými plenami jsou vyplněny **mozkomíšním mokem**, který chrání mozek a míchu před otřesy a nárazy.

❑ MÍCHA PÁTEŘNÍ *(medulla spinalis)*

tvoří provazec, uložený v páteřním kanále. Sahá od otvoru týlního po druhý obratel bederní. Podélnými rýhami je neúplně rozdělena v pravou a levou polovinu. Na příčném řezu míchou pozorujeme centrální kanálek s šedou hmotou okolo, vybíhající v **přední rohy** *(širší)* a **zadní rohy** *(užší)*. Okolo šedé hmoty jsou provazce bílé hmoty, rozdělené postranními rýhami, oddělujícími zadní, postranní a přední provazce.

Do postranní rýhy zadní vstupují z míšních uzlin **zadní kořeny** míšních nervů, obsahující **dostředivá vlákna**, která vedou vzruchy od exteroreceptorů nebo interoreceptorů. **Přední rohy** míšní jsou z buněk ***(motoneuronů)***, jejichž axony jsou motorickými vlákny míšních nervů, inervujících příčně pruhované svaly. V postranních, spojovacích částech šedé hmoty jsou v některých úsecích buňky, inervující hladkou svalovinu a žlázy. Jsou to vlákna autonomní *(vegetativní)*.



Řez míchou
1 – šedá hmota, 2 – míšní kanálek, 3 – zadní kořeny míšní, 4 – míšní uzlina, 5 – přední kořeny míšní

Spojením předních a zadních kořenů vznikají **míšní nervy** *(31 párů)*, které vystupují meziobratlovými otvory.

Bílá míšní hmota je složena z různých typů vláken, jejichž svazky se nazývají dráhy. **Míšní dráhy** se seskupují do 3 provazců v každé polovině míchy, ohraničených předním a zadním zářezem na míše.

Zadní provazce jsou složeny z drah, které převádějí vzruchy z receptorů do vyšších oddílů nervové soustavy. Označují se jako **vzestupné *(senzitivní)* dráhy**.

Přední provazce obsahují dráhy, přivádějící impulzy z mozkové kůry pro vědomé, chtěné pohyby končetin a trupu; označují se jako **sestupné *(motorické)* dráhy**.

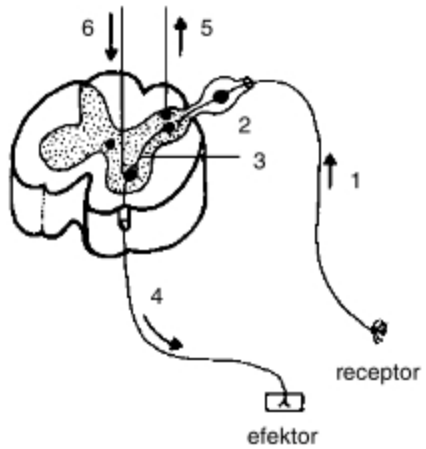


Schéma nervových drah
1 – vlákno dostředivého nervu, 2 – míšní uzlina, 3 – přepojovací neuron, 4 – vlákno odstředivého nervu, 5 – vlákna k mozku *(vzestupná)*, 6 – vlákna z kůry mozkové *(sestupná)*

U člověka je hlavní motorickou drahou **pyramidová dráha**, začínající z velkých pyramidových buněk šedé mozkové kůry, především v zadní části čelního laloku. Na hranici prodloužené míchy a míchy páteřní se většinou kříží tak, že vlákna jdoucí z pravé poloviny koncového mozku přecházejí do levé poloviny míchy a naopak. Ostatní sestupné mo-

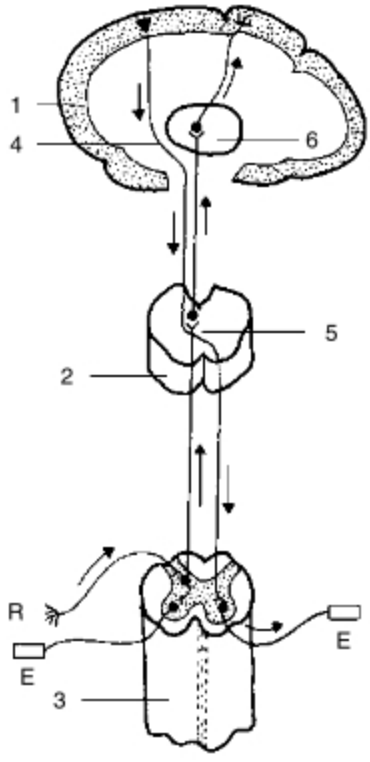
torické dráhy se nazývají **mimopyramidové**. Vycházejí z různých útvarů šedé hmoty mozku *(kromě kůry koncového mozku)* a podílejí se na udržování svalového napětí, rovnováhy těla, ovládají chůzi.

Postranní provazce obsahují obojí typ drah, vzestupné a sestupné.

Mícha představuje nejnižší reflexní ústředí. Ve své činnosti je podřízena vyšším oddílům centrálního nervového systému.

❑ PRODLOUŽENÁ MÍCHA *(medulla oblongata)*

je pokračováním míchy páteřní. Uvnitř se nachází IV. mozková komora. Vystupuje z ní 7 párů mozkových nervů. Jsou v ní centra retikulární formace pro řízení celé řady životně důležitých funkcí *(dýchání, srdeční frekvence, krevního tlaku, pohybů trávicího ústrojí)*. Vycházejí z ní vůlí neřízené pokyny k polykání, kýchání, kašli, zvracení.



Spojení míchy s mozkem

R – receptor, E – efektor

1 – kůra mozková, 2 – prodloužená mícha, 3 – mícha
4 – sestupné vlákno *(motorická pyramidová dráha)*, začínající v pyramidové buňce, 5 – překřížení pyramidových drah, 6 – thalamus

❑ VAROLŮV MOST *(pons Varoli)*

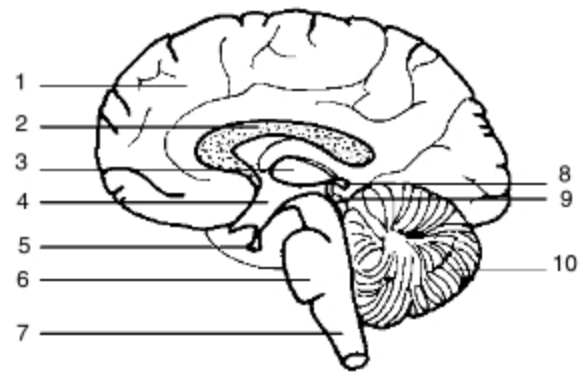
tvoří val nad prodlouženou míchou. Spojuje koncový mozek s mozečkem. Skládá se převážně z mozkových vláken vzestupných a sestupných. Nachází se v něm i část šedé mozkové hmoty, kontrolující žlázy, které produkují sliny a slzy. Ve tkáni mostu a prodloužené míchy jsou mezi jádry mozkových nervů roztroušeny nervové buňky, které vstupují i do středního mozku, propojují šedou a bílou hmotu a vytvářejí tzv. **retikulární formaci**. Tato formace pomocí podnětů svých neuronů aktivuje mozkovou kůru a udržuje ji v bdělém stavu. Pokud podněty ochabují, dostavuje se spánek. Z mostu vystupuje trojklanný nerv.

Retikulární formace

1 – kůra mozková, 2 – vazník mozkový, 3 – talamus, 4 – střední mozek, 5 – hypotalamus, 6 – mozeček, 7 – hypofýza, 8 – prodloužená mícha, 9 – most, 10 – retikulární formace

❑ MOZEČEK *(cerebellum)*

se skládá ze dvou polokoulí *(hemisfér)*. Obě hemisféry jsou spojeny **červem mozečkovým** *(vermis cerebelli)*. Povrch mozečku tvoří šedá hmota – kůra mozečková, silně zbrázděná v závity. V ní se nacházejí tzv. **Purkyňovy buňky**, patřící k největším a nejsložitějším buňkám v lidském těle. Každá z nich se propojuje se statisíci ostatních – uskutečňují největší počet spojení ze všech mozkových buněk. Bílá hmota vyplňuje nitro a rozbíhá se do závitů. Na řezu mozečkem vytváří stromečkovitou kresbu – „strom života“. Mozeček je reflexním ústředím pro pořádání pohybů; reguluje svalové napětí, je důležitý při koordinaci úmyslných *(jemných, rychlých a přesných)* pohybů a při udržování tělesné rovnováhy.



Mozek – pohled ze strany

1 – přední (koncový) mozek, 2 – vazník mozkový, 3 – hrbol mezimozkový, 4 – podhrbolí, 5 – hypofýza, 6 – most Varolův, 7 – prodloužená mícha, 8 – šišinka, 9 – střední mozek, 10 – mozeček

❑ **STŘEDNÍ MOZEK** *(mesencephalon)*

je nejmenší oddíl mozku, zcela skrytý mezi mostem a mezimozkem. Skládá se na horní straně ze čtverohrbolí, vespod ze dvou stonků mozkových, nasedajících na most. Středem probíhá **kanálek Sylviův**. Ve **čtverohrbolí** končí část vláken zrakového a sluchového nervu. Z šedé hmoty, nakupené okolo Sylviova kanálku, začínají dva páry okohybných nervů. **Stonky mozkové** se skládají z bílé hmoty a spojují koncový mozek s nižšími oddíly centrálního nervstva.

❑ **MEZIMOZEK** *(diencephalon)*

je uložen mezi hemisférami koncového mozku. Nachází se v něm **III. komora mozková**.

Spodinu komory tvoří tenká stěna z šedé hmoty *(hypothalamus)*. K **hypotalamu** je stopkou připojen **podvěsek mozkový** *(hypophysa)*. Strop komory je ještě tenčí a vzadu se k němu připojuje **šišinka**. V hypotalamu jsou reflexní centra pro řízení tělesné teploty, hospodaření s vodou, výměnu látkovou ve tkáních, regulaci spánku a bdění.

Boční stěny mezimozku jsou silné, vejčité útvary – **talamy**, složené převážně ze šedé hmoty. Jsou **převodním ústředím** pro četná nervová vlákna, jdoucí ke koncovému mozku.

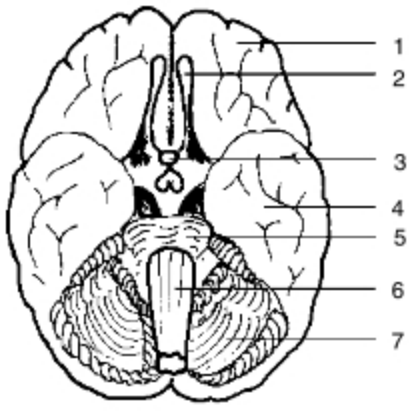
❑ **KONCOVÝ MOZEK** *(telencephalon)*

je u člověka mohutně vyvinut a shora překrývá ostatní části mozku. Skládá se ze dvou polokoulí *(hemisfér)*, navzájem spojených **kalosním tělesem**, tvořeným svazkem vláken bílé hmoty. Na povrchu polokoulí je **plášť** *(pallium)*, tvořený šedou hmotou, rozčleněný hlubokými **brázdami** *(sulci)* v **laloky** *(lobi)* **čelní, temenní, týlní a spánkový**. Na spodní ploše čelních laloků obou hemisfér jsou přiloženy kyjovité oblasti **čichového mozku**.

Uvnitř každé z hemisfér je dutina *(komora mozková)*, v níž vzniká **mozkomíšní mok**. Obsah obou komor se svádí do III. komory mozkové a dále do IV. komory. Otvorem ve stropu IV. komory *(pod mozečkem)* se dostává mozkomíšní mok zevně mozku, takže mozek a mícha jsou do mozkomíšního moku ponořeny.

Struktury okolo III. mozkové komory, tzn. mezimozek a vývojově nejstarší útvary pláště, zatlačené na spodní a vnitřní stranu hemisfér, tvoří **limbický systém**, vytvářející jakýsi límec *(limbus)* mozkové tkáně okolo mozkového kmene. Představuje tedy jakousi hraniční zónu mezi mozkovým kmenem a mozkovou kůrou. Prostřednictvím limbického systému se uskutečňuje **komplexní instinktivní chování**; tento systém je sídlem emocí – strachu, hněvu, smutku, radosti a lásky. Kromě toho limbický systém zajišťuje i ukládání paměťových stop a na základě zkušeností pomáhá dotvářet **vrozené prvky chování**.

Limbický systém



Mozek – pohled zespodu
1 – čelník lalok, 2 – čichový mozek, 3 – hypofýza, 4 – spánkový lalok koncového mozku, 5 – most, 6 – prodloužená mícha, 7 – mozeček

❑ **KŮRA MOZKOVÁ**

je vývojově nejmladší a nejdokonalejší částí mozku. Je silná 2 až 5 mm. Skládá se ze šesti vrstev nervových buněk, lišících se tvarem. Anatomicky lze kůru rozčlenit ve velký počet okrsků.

• **Okrsky motorické** jsou uloženy v předním závitu centrálním. Obsahují velké **jehlancové *(pyramidální)* buňky**. Z nich jdou neurity k motorickým buňkám předních rohů míšních *(pyramidové dráhy)*. Motorické okrsky jsou ústředím vědomých pohybů. **Motorický okrsek řeči** *(Brocovo ústředí)* je v zadní části závitu čelního. Po jeho zničení nastane porušení pohybů potřebných k mluvě.

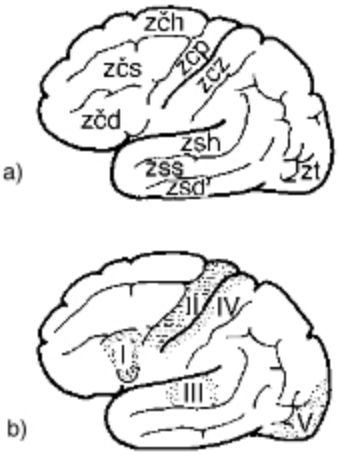
• **Okrsek kožní citlivosti** v zadním centrálním závitu vnímá a analyzuje podněty z hmatových kožních orgánů.

• **Okrsek sluchový** je v zadní části horního závitu spánkového.

• **Okrsek zrakový** je v zadní části laloku týlního. Na vnitřních, k sobě přivrácených plochách hemisfér, jsou obdobné okrsky: chuťový a čichový.

❑ KŮRA PŘEDNÍHO MOZKU

představuje nejvyšší nadřazené nervové ústředí. Je spojena dostředivými i odstředivými drahami se všemi nižšími ústředími. Rozmanité reflexy, uskutečňující se přes nižší reflexní ústředí, se registrují také v mozkové kůře. Tyto různé záznamy se mohou mezi různými místy kůry spojovat a ovlivňovat tak činnost nižších nervových ústředí. Výrazem této činnosti jsou tzv. **podmíněné reflexy** *(viz dále)*.



a) Hlavní závity na koncovém mozku
ZČH – závit čelní horní, ZČS – závit čelní střední, ZČD – závit čelní dolní, ZCP – závit centrální přední, ZCZ – závit centrální zadní, ZSH – závit spánkový horní, ZSS – závit spánkový střední, ZSD – závit spánkový dolní, ZT – závit týlní
b) Korové okrsky
I. řeči, II. motorický, III. sluchový, IV. kožní citlivosti, V. zrakový

❑ OBVODOVÉ NERVY *(periferní)*

spojují oběma směry centrální nervovou soustavu s orgány a tkáněmi celého těla. Dělí se na:

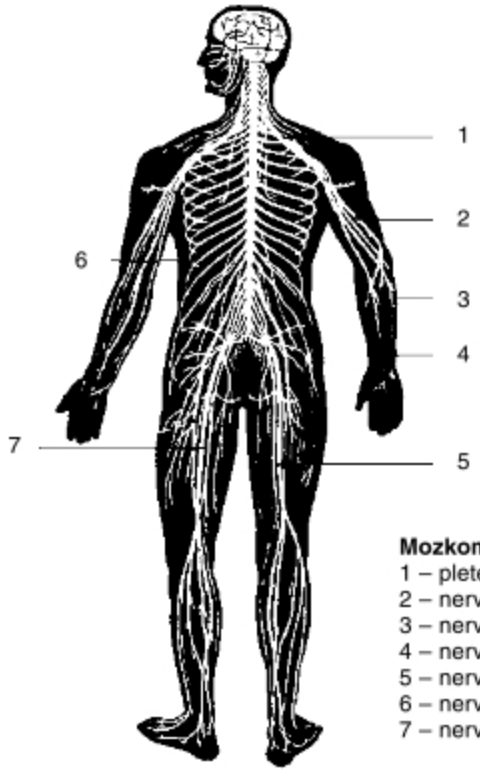
- ❑ nervy mozkomíšní a
- ❑ nervy vegetativní.

❑ NERVY MOZKOMÍŠNÍ *(cerebrospinální)*

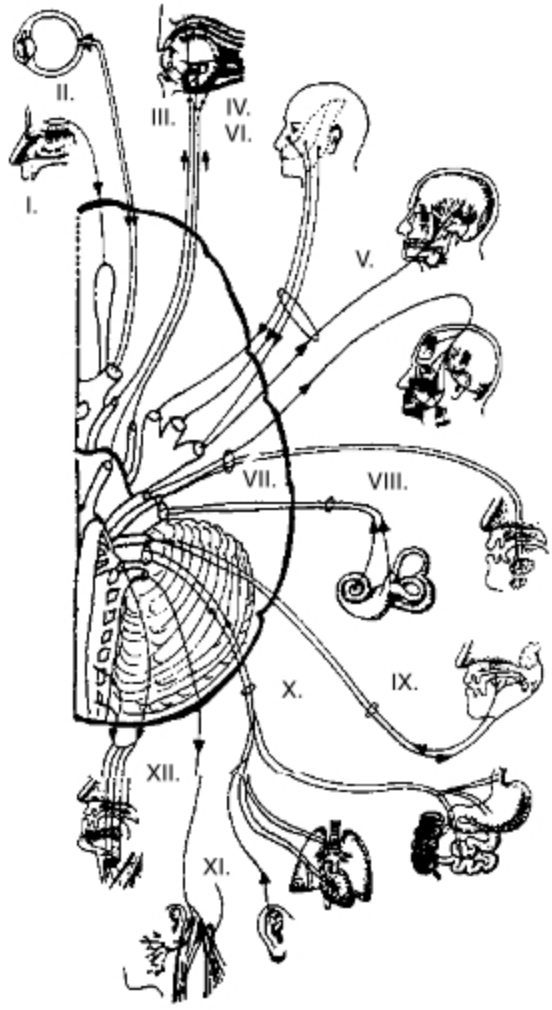
tvoří svazečky z bílých *(tj. myelinem opatřených)* nervových vláken. Vlákna přicházejí buď z kůže nebo smyslových orgánů *(vlákna dostředivá, senzitivní)*, nebo vedou do příčně pruhovaných svalů *(vlákna motorická)*.

a) **Nervy míšní** *(spinální)* začínají spojením předních motorických a zadních senzitivních kořenů míšních. Jsou to tedy **nervy smíšené** *(obsahují senzitivní i motorická vlákna)*. Páteřní kanál opouštějí otvory mezi obratli, a proto se jejich počet shoduje s počtem obratlů.

b) **Nervy mozkové** ***(hlavové)*** jsou buď senzitivní, nebo jen motorické, nebo smíšené. Je jich 12 párů. Jejich vlákna začínají *(motorická a autonomní)* nebo končí *(vlákna senzitivní)* u nervových buněk mozkového kmene, u tzv. **jader mozkových nervů**.



Mozkomíšní nervy
1 – pleteň pažní
2 – nerv vřetenní
3 – nerv loketní
4 – nerv středový
5 – nervy stehenní
6 – nervy mezižeberní
7 – nerv sedací



Přehled hlavových nervů
I. – čichový, II. zrakový,
III., IV., VI. – okohybné, V. – trojklanný,
VII. – lícní, VIII. – sluchorovnovážný, IX. – jazykohltanový,
X. – bloudivý, XI. – přídatný, XII. – podjazykový

❑ **NERVY VEGETATIVNÍ** *(autonomní)*

se větví k hladkému svalstvu trávicí trubice, průdušnice a průdušek, ústrojí močového a pohlavního, cév a srdce a ke žlázám. Ve svém průběhu jsou vždy přerušeny skupinkami nervových buněk, které se nazývají **vegetativní uzliny *(ganglia)***. Dělí se na dvě skupiny:

– nervy sympatické,
– nervy parasympatické.

a) **Nervy sympatické** *(sympaticus)* vystupují z míchy krční, hrudní a bederní spolu s míšními nervy. Po krátkém společném průběhu odbočují a končí rozvětveně ve vegetativních uzlinách. Z buněk v uzlinách začínají nová nervová vlákna *(většinou bez myelinu – šedá vlákna)*, inervující příslušné orgány.

b) **Nervy parasympatické** *(parasympaticus)* vystupují z mozku společně s některými mozkovými nervy a z křížové míchy. Vstupují do malých parasympatických ganglií, která leží blízko inervovaných vnitřních orgánů.

Každý vnitřní orgán je inervovaný z obou zdrojů. **Působení sympatiku a parasympatiku je protichůdné** *(antagonistické)*, čímž se činnost orgánů udržuje v rovnováze. Např. sympatikus zrychluje srdeční činnost, parasympatikus ji zpomaluje. Přenos impulzů na útrobní orgány se děje pomocí mediátorů. Zakončení sympatických vláken produkují jako mediátor směs **noradrenalinu a adrenalinu**, zakončení parasympatiku **acetylcholin**.

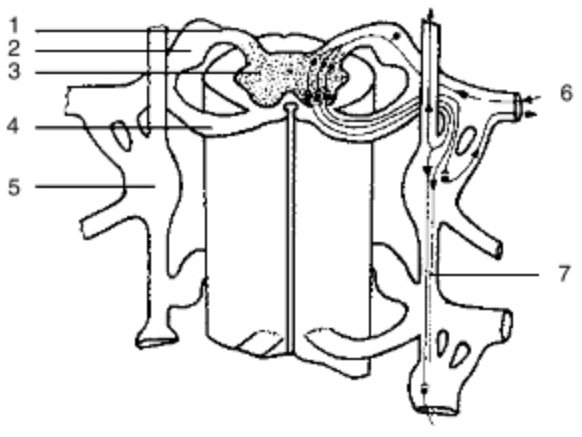
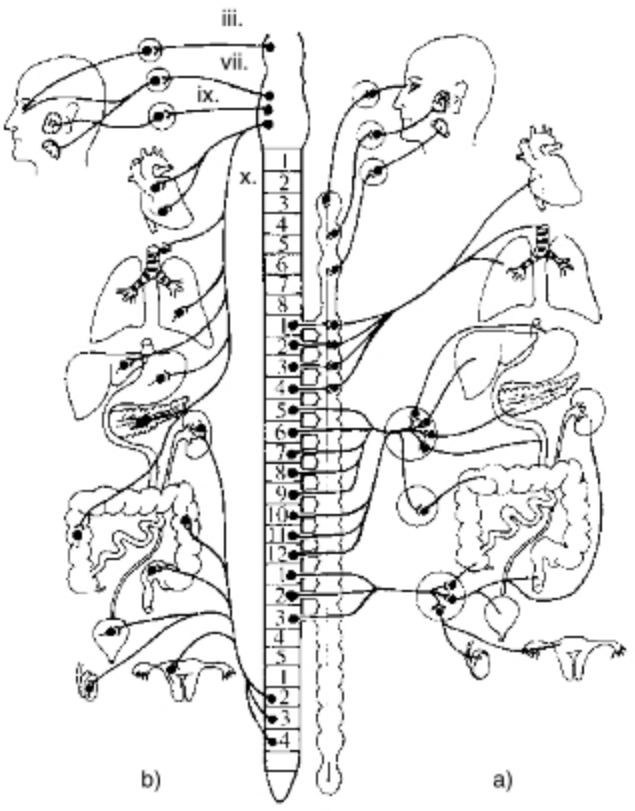


Schéma sympatiku
1 – zadní míšní kořen, 2 – ganglion zadního míšního kořene, 3 – šedá hmota, 4 – přední míšní kořen, 5 – ganglion sympatiku *(ganglia slouží jako přepojovací místa)*, 6 – senzorický dostředivý nerv, 7 – vlákna sympatiku



a) sympatikus, b) parasympatikus

NERVOVÁ ČINNOST

je soubor funkcí ústřední nervové soustavy, které umožňují člověku reagovat na podmínky prostředí, což se projevuje jako chování. Základní fyziologickou jednotkou nervové činnosti je reflex.

Rozlišujeme tyto formy chování.:

❑ **vrozené** *(nepodmíněné reflexy)*

❑ **získané** *(podmíněné reflexy)*

❑ **NEPODMÍNĚNÉ REFLEXY**

jsou vrozené, dědičné. Na tentýž podnět se vybaví vždy kvalitativně stejná reakce. Centra těchto reflexů jsou v šedé hmotě všech částí centrální nervové soustavy, s výjimkou kůry koncového mozku. Nejsložitější formou vrozených reakcí jsou **pudy *(instinkty)***, např. pud sebezáchovy, pud rozmnožovací aj. U člověka jsou tyto instinkty usměrňovány kůrou mozkovou. Přes velké množství vrozených reflexních reakcí neumožňují nepodmíněné reflexy dostatečné přizpůsobování nekonečně se měnícím podmínkám životního prostředí. Dráhy, po kterých probíhají, jsou stále stejné a neměnné.

Vyšším živočichům umožňují přizpůsobování měnícím se podmínkám prostředí **dočasná nervová spojení**, která jsou základem podmíněných reflexů.

❑ PODMÍNĚNÉ REFLEXY

jsou vázány na nějakou podmínku, předcházející nepodmíněnému reflexu. Např. v pokusech se psy bylo takovou podmínkou světlo. Biologicky bezvýznamný *(indiferentní)* podnět – světlo – předcházel biologicky významnému podnětu – podání potravy. Při podání potravy pes začne vylučovat sliny. Vzruchy z chuťových buněk jdou do centra chuti v ústřední nervové soustavě a odtud sekrečním nervem do slinných žláz, které začnou produkovat sliny. Po několikerém opakování pokusu začne pes slinit jen na rozvícení žárovky. Je to podmíněná reakce. Mezi chuťovým centrem a zrakovým centrem v ústředí se vytvořilo spojení, které za normálních podmínek neexistovalo. Opakováním pokusu bez podání potravy se spojení zeslabuje – **podmíněný reflex vyhasíná**. Po určitém počtu rozsvícení bez podání potravy pes na světlo přestane reagovat sliněním.

Podmíněné reflexy zajišťují vyšší nervovou činnost.

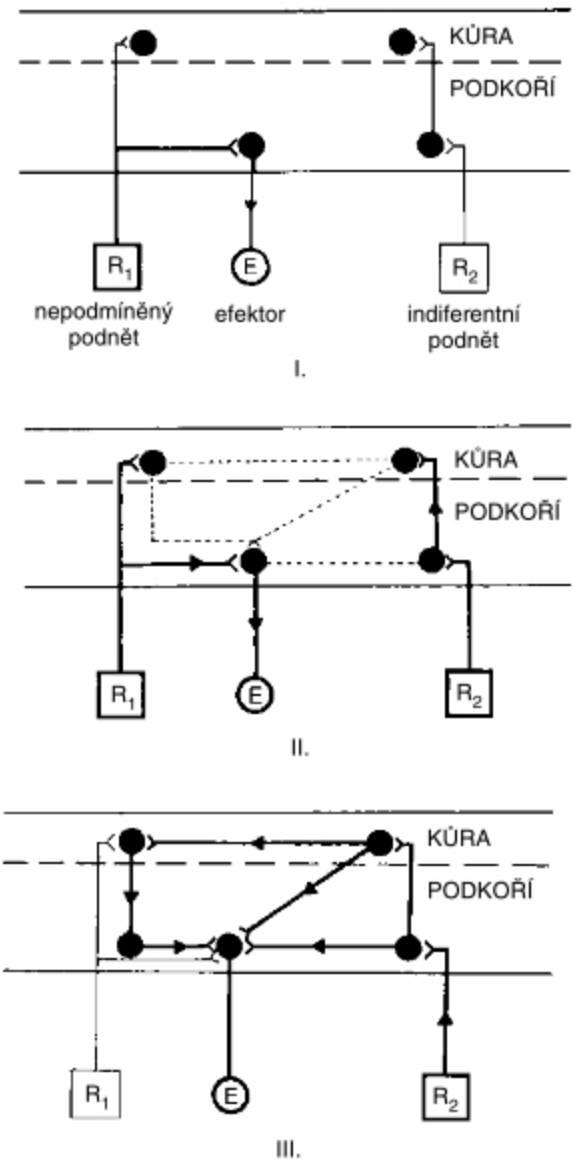


Schéma vytváření podmíněného reflexu
R1, R2 – receptory, E – efektor *(výkonný orgán)*

I. nepodmíněný podnět vyvolává nepodmíněný reflex – činnost efektoru. Indiferentní podnět reflex nevyvolává. Vzruchy z obou podnětů jsou vedeny do mozkové kůry.

II. Časově spřažené opakování obou podnětů vede k vytváření spojení mezi centry podráždění *(tečkované čáry)*.

III. Nově vzniklé spoje v mozku se dalšími opakováními upevní tak, že původně indiferentní podnět R2 se stane podmíněným podnětem, který působí-li sám, vyvolá stejnou reflexní činnost efektoru jako původní nepodmíněný podnět R1. Vyšším živočichům umožňují přizpůsobování měnícím se podmínkám prostředí dočasná nervová spojení, která jsou základem podmíněných reflexů.

Podmíněný reflex vzniká na určitý podnět – **signál**. Souhrn signálů určitého druhu se označuje jako signální soustava. Signály, které jsou odrazem reality *(různé chemické, fyzikální nebo biologické jevy)*, tvoří **první signální soustavu**, která je základem **konkrétního myšlení**.

Na základě řeči a schopnosti k zevšeobecňování se u člověka vyvinulo **abstraktní myšlení**, věda, umění a mravní hodnoty. Člověk dovede reagovat na abstraktní podněty stejně dokonale jako na podněty konkrétní. Rozlišuje nejen zvuk slova, ale i jeho obsah. Podnětem **druhé signální soustavy** je tedy slovo.

TĚLESNÁ TEPLOTA A JEJÍ UDRŽOVÁNÍ

Udržování stálé tělesné teploty má zásadní životní význam. Spolu se stálým pH a osmotickým tlakem vytváří tělesná teplota **optimální prostředí** pro činnost enzymů, a tedy pro průběh životních pochodů. Tělesná teplota se mění v průběhu dne jen málo, kolísá v rozmezí asi 1 °C, mezi hodnotami 36,4 až 37,4 °C. Teplota různých tkání a orgánů se liší v závislosti na jejich činnosti a prokrvení *(např. v játrech po požití bílkovin se zvýší až na 40 °C)*. Protože člověk žije většinou v chladnějším prostředí, jeho tělo teplo ztrácí a ztracené teplo musí nahrazovat uvolňováním energie z živin. Za určitých okolností se naopak tělo musí zbavovat nadbytečného tepla, které vzniká zejména při tělesné práci a při zvýšené teplotě prostředí. **Udržování stálé tělesné teploty je tedy umožněno souhrou vytváření a výdeje tepla.**

❑ TEPLO

se vytváří v těle při chemických přeměnách látek *(metabolismu)* především v kosterním svalstvu a v játrech. V chladu stoupá látková přeměna, zvyšuje se svalové napětí a dostavuje se svalový třes. K tomu přistupuje vědomá činnost – podupávání, přecházení, poskakování.

❑ **VÝMĚNA TEPLA**

mezi tělem a okolím a výdej nadbytečného tepla se uskutečňuje:

• **Sáláním** *(vyzařováním tepla do prostředí).* Uplatňuje se při něm prokrvení kůže. Krev, protékající kůží, se ochlazuje a teplo se odevzdává do okolí. Sálání představuje až 60 % všech tepelných ztrát.

• **Odpařováním potu a vody při dýchání** *(asi 25 % celkových tepelných ztrát).*

• **Prouděním tepla** v závislosti na rychlosti výměny vzduchu těsně při povrchu kůže. Proudění vzduchu *(vítr)* výměnu urychluje a tělo může vydat až 15 % celkových tepelných ztrát.

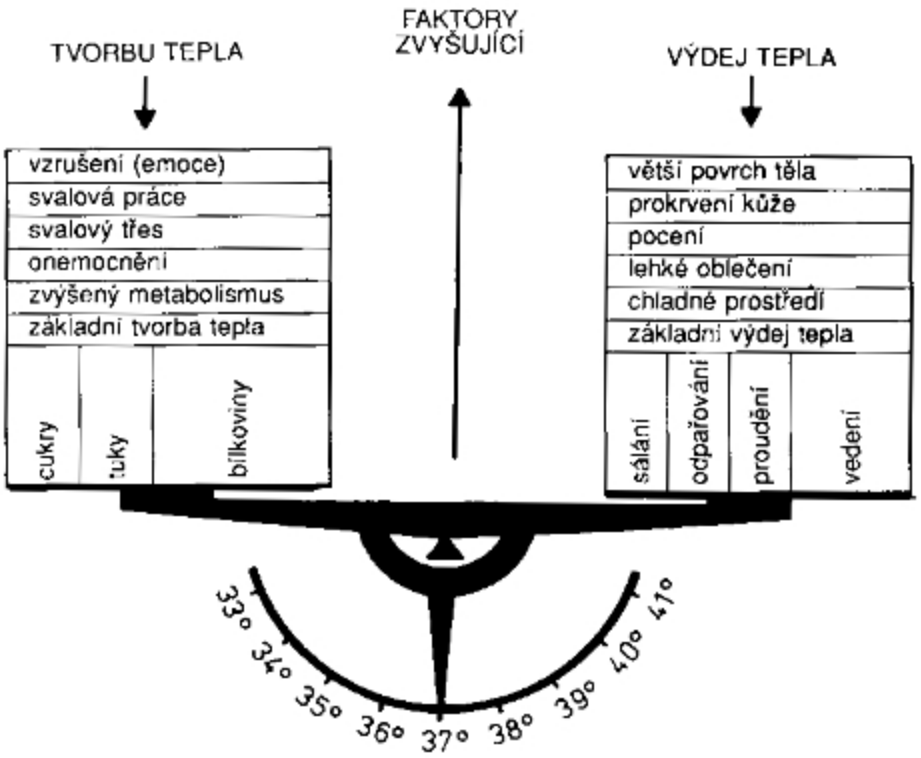
• **Vedení tepla** *(převodem tepla z povrchu těla do okolního prostředí).* Protože vzduch je špatný vodič tepla, za normálních klimatických podmínek *(při pokojové teplotě)* ztráty tepla tímto způsobem představují asi 1 %.

❑ **ŘÍZENÍ TĚLESNÉ TEPLOTY**

se uskutečňuje prostřednictvím termoregulačního ústředí v hypotalamu. Do ústředí jsou přiváděny informace z receptorů pro chlad a teplo. Z tohoto ústředí je řízena prostřednictvím vegetativních nervů jednak činnost kožních cév a potních žláz, jednak činnost kosterního svalstva a jater. Z ústředí jdou také vzruchy do hypofýzy, která ovlivňuje činnost štítné žlázy *(hormon thyroxin)* a činnost nadledvin *(hormon kortisol).*

Termoregulační ústředí je ovlivňováno kůrou mozkovou. Selháním řídícího centra nebo při nedostatečné činnosti regulačních mechanismů dochází k **podchlazení** *(hypotermii)* nebo **k přehřátí** *(hypertermii)* organismu.

K **„obranné hypertermii“** dochází vlivem působení některých látek, např. bakteriálních jedů, na termoregulační ústředí. Zvýšení tělesné teploty nad 37,5 °C některé mikroorganismy nesnášejí. Současně při zvýšené teplotě se zvyšuje tvorba protilátek. Velmi vysoká horečka *(přes 41 °C)* však poškozuje nervové buňky a může vést ke smrti.



ÚSTROJÍ SMYSLOVÁ

poskytují centrální nervové soustavě informace o vnějším a vnitřním prostředí. **Čidla** ***(analyzátory)*** vybírají z prostředí podněty *(mechanické, chemické, tepelné, elektromagnetické).*

❑ **ČIDLO** *(analyzátor)*

se skládá ze tří částí:

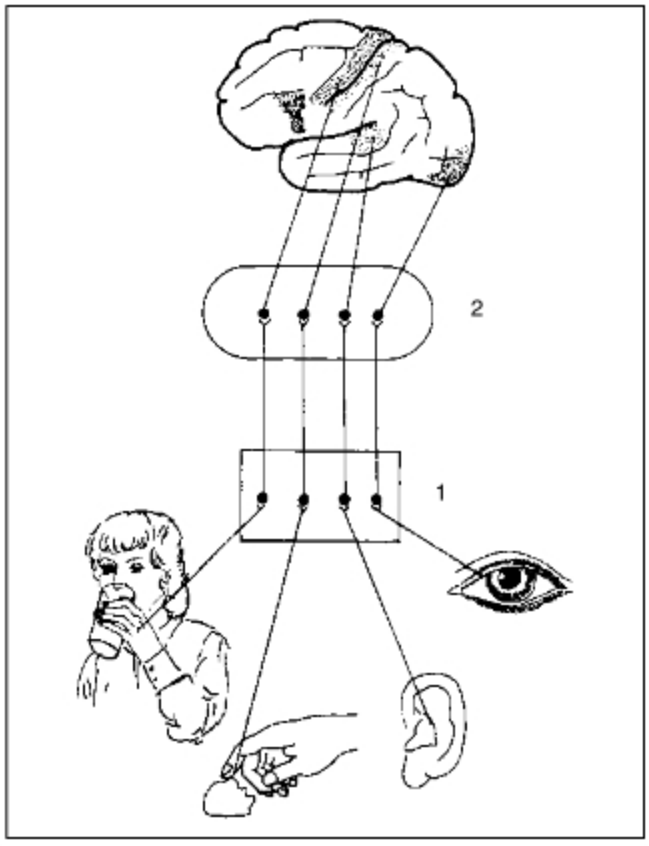
1. Z periferního konce se specializovanými buňkami s vysokou citlivostí – **receptory**, které se dále rozlišují na:
   – **exteroreceptory**, přijímající podněty z vnějšího prostředí;
   – **interoreceptory**, přijímající podněty z vnitřního prostředí;
   – **proprioreceptory**, přijímající podněty ze svalů, šlach a kloubů.
2. Z **dostředivých nervových drah**, spojujících receptory s mozkovou kůrou. Tato spojení jsou tvořena zpravidla třemi neurony:

– z neuronu, vedoucího vzruch do míchy, prodloužené míchy nebo středního mozku;

– z neuronu, vedoucího vzruch dále do talamů mezimozku;

– z neuronu, vedoucího vzruch z talamu do mozkové kůry.

3. Z **korové části,** kde je prováděn **rozbor** ***(analýza)*** informace.



Přepojení dostředivých drah
1 – prodloužená mícha, 2 – mezimozek

❑ ÚSTROJÍ ZRAKOVÉ

je citlivé na elektromagnetické vlnění o délce vlny 400 až 700 nm.

Orgánem zraku je **oko**. V **embryonálním vývoji** se zakládá jako vačkovitá vychlípenina mezimozku. Když se tento váček dotkne povrchového ektodermu, přemění se vchlípením v oční pohárek. Ektoderm vytvoří v místě dotyku základ čočky a z vnitřní vchlípené stěny se vyvine sítnice.

❑ KOULE OČNÍ

je uložena v očnici, v tukové tkáni. Skládá se ze tří vrstev:

– **povrchové**, tvořené bělimou a rohovkou,

– **střední cévnaté**, tvořené cévnatkou, řasnatým tělesem a duhovkou

– **vnitřní vrstvy** – světločivé sítnice.

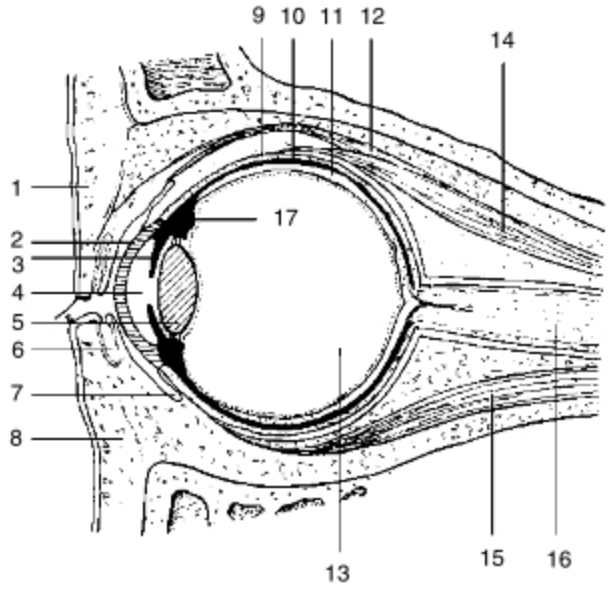
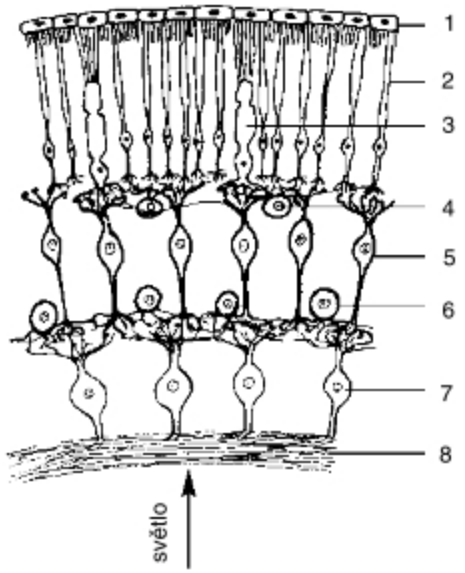


Schéma stavby oka
1 – horní víčko, 2 – rohovka, 3 – duhovka, 4 – zornice, 5 – čočka, 6 – Meibomova žlázka, 7 – spojivka, 8 – dolní víčko, 9 – bělima, 10 – cévnatka, 11 – sítnice, 12 – zdvihač horního víčka, 13 – sklivec, 14 – horní přímý sval, 15 – dolní přímý sval, 16 – zrakový nerv, 17 – řasnaté těleso

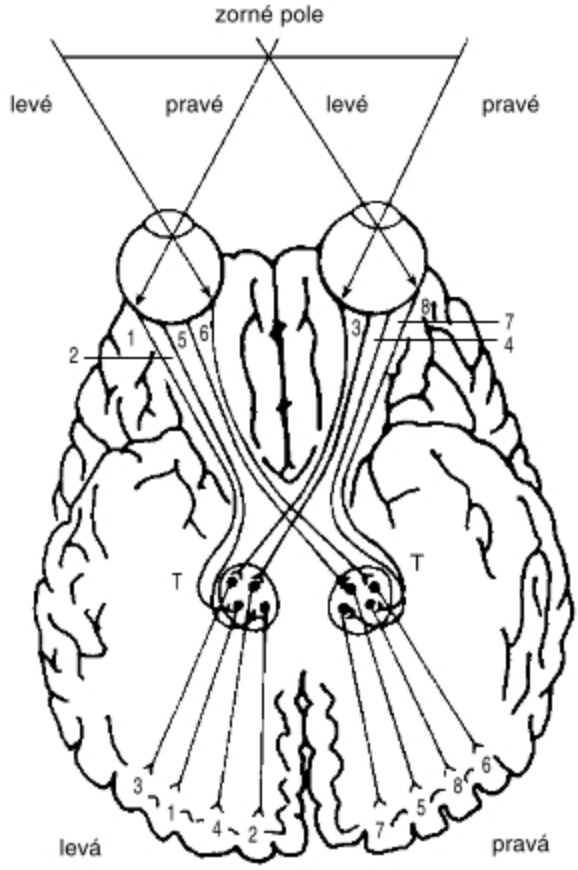
• **Bělima** *(sclera)* je tuhá, bílá vazivová blána tloušťky 0,3 až 1 mm. Tvoří asi $^4/_5$ povrchu oční koule. Na bělimu se upínají okohybné svaly, vzadu bělimu prostupuje zrakový nerv. Vpředu přechází v průhlednou **rohovku** *(cornea)*, která je ve směru svislém vyklenutější než bělima.

• **Cévnatka** *(chorioidea)* vystýlá zadní $^2/_3$ oční koule. Je červenohnědé barvy. Vedle četných cév obsahuje hojně buňky s hnědým pigmentem. Směrem dopředu vybíhá v kruhovitý val – **řasnaté těleso** *(corpus ciliare)* s četnými výběžky, na nichž je tenkými vlákny zavěšena **čočka**. Z krve, protékající kapilárami řasnatého tělesa, se tvoří **komorová voda**. Hladké svalstvo řasnatého tělesa mění svými stahy zakřivení čočky. Před řasnatým tělesem se zdvíhá kruhovitá clona – **duhovka** *(iris)*, která má uprostřed kruhovitý otvor – **zřítelnici** neboli **zornici** *(pupilu)*. Paprsčitě a kruhovitě uspořádané hladké svaly v duhovce způsobují rozšiřování nebo zužování zornice. Zpředu je duhovka modrá, šedá, žlutohnědá nebo černohnědá. Její barvu určuje množství v ní obsažených pigmentových buněk.

• **Čočka** *(lens)* je asi 4 mm silná, dvojvypuklá. Tahem vlákének řasnatého tělesa se buď zplošťuje, nebo jejich ochabnutím se vyklenuje *(akomoduje)*. **Akomodace čočky** umožňuje ostré vidění předmětů bližších než 5 m. Prostor mezi rohovkou a čočkou je rozdělen duhovkou ve dvě části: **přední a zadní komoru oční**, vyplněné komorovou vodou. Prostor mezi čočkou a sítnicí vyplňuje vodnatý, řídce rosolovitý **sklivec** *(corpus vitreum)*.



Stavba sítnice
1 – pigmentový epitel, 2 – tyčinky, 3 – čípky, 4 – horizontální buňky, 5 – bipolární buňky, 6 – bezvýběžkové buňky, 7 – gangliové buňky, 8 – vlákna zrakového nervu



korová část zrakového ústředí

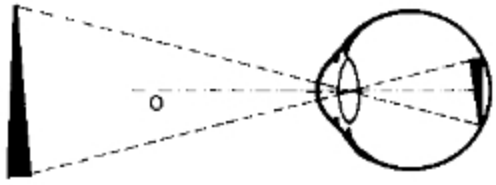
Schéma znázorňující vedení zrakových signálů
Podráždění z levých částí sítnice jsou neurity *(axony)* gangliových buněk (1, 2, 3, 4) přepojeny v levém talamu a vedeny dále do levé části zrakového ústředí.
Podráždění z pravých částí sítnice jsou neurity *(axony)* gangliových buněk (5, 6, 7, 8) přepojeny v prvém talamu a dále vedeny do pravé části zrakového ústředí.
T – talamus
Překrývání zorných polí umožňuje prostorové vidění.

• **Sítnice** *(retina)* vystýlá vnitřní povrch cévnatky. Je 0,2 až 0,4 mm silná. Je tvořena 4 vrstvami buněk. Vnitřní vrstva, přiléhající k cévnatce, je **vrstva pigmentová**, pod ní jsou smyslové buňky sítnice – **tyčinky** *(asi 130 milionů)* – **čípky** *(asi 7 milionů)*. Výběžky těchto buněk jsou spojeny vrstvou **dvojpólových *(bipolárních)*** buněk, převádějících vzruchy z tyčinek a z čípků na čtvrtou vrstvu, tvořenou nervovými buňkami, jejichž neurity prostupují stěnou koule oční ve zrakovém nervu a vedou vzruchy do zrakových ústředí v mozku.

Místo, kde vystupuje z oční koule zrakový nerv, je bez tyčinek a čípků a nazývá se **slepá skvrna**. Největší nakupení čípků je asi 4 mm zevně od slepé skvrny na mírně vkleslém místě sítnice – tzv. **žlutá skvrna**, která je místem nejostřejšího vidění.

❑ OPTICKOU SOUSTAVU OKA

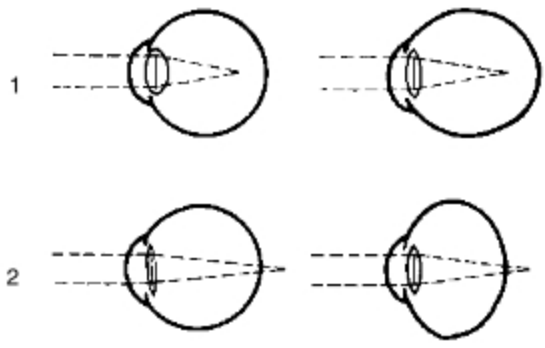
tvoří **rohovka, komorová voda, čočka** a **sklivec**. Na rozhraní těchto světlolomných prostředí se světelný paprsek láme, takže na sítnici se promítá ostrý, zmenšený a obrácený obraz pozorovaného předmětu.



Poruchy lomivosti se nazývají **refrakční vady**. Patří mezi ně:

– **Krátkozrakost** *(myopie)*, způsobená větším zakřivením čočky nebo prodloužením optické osy oka, takže obraz vzniká před sítnicí. Vada se napravuje čočkami *(rozptylkami)*.

– **Dalekozrakost** *(hypermetropie)*, způsobená nedostatečným vyklenutím čočky nebo zkrácením optické osy oka, takže obraz vzniká až za sítnicí. Vada se napravuje čočkami *(spojkami)*.



Vady oka
1 – krátkozraké oko, 2 – dalekozraké oko

• **Barevné vidění** umožňují čípky, soustředěné především ve žluté skvrně. Tři druhy čípků rozlišují tři druhy barev: modrou, zelenou a červenou. Jejich různým kombinováním vznikají barevné vjemy. Schopnost rozlišovat barvy se nazývá **barvocit**. Poruchy barevného vidění – **barvoslepost** – patří mezi dědičné choroby *(viz str. 313)*. Nejčastější je částečná barvoslepost – neschopnost rozlišovat červenou a zelenou barvu *(daltonismus)*.

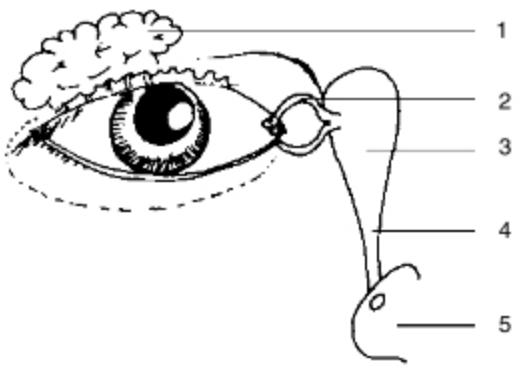
• **Vidění za šera** umožňují tyčinky, umístěné hlavně v okrajových částech sítnice. Nejsou vůbec ve žluté skvrně. Jsou citlivější na světlo, avšak nerozlišují barvy. Činnost tyčinek umožňuje **oční purpur – rhodopsin** *(vzniká kombinací vitaminu A a bílkoviny opsinu)*, nacházející se v konečcích receptorových buněk. Světlem se rozkládá a generuje v buňce elektrický impulz. Ve tmě se rhodopsin opět obnovuje. Citlivost očí tedy závisí pravděpodobně na množství v nich přítomného rhodopsinu.

❑ PŘÍDATNÉ ORGÁNY OKA

jsou víčka, spojivka, ústrojí slzní a okohybné svaly. Víčka chrání oko zpředu. Jejich vnitřní stranu pokrývá **spojivka**, která ohybem přechází na oční kouli a kryje zpředu bělimu až po okraj rohovky. Štěrbinovitý prostor, který vzniká mezi spojivkou víček a spojivkou oční koule, se nazývá spojivkový vak.

• **Slzní žláza** je uložena v dutině očnicové nad oční koulí na její zevní straně. Otevírá se větším počtem vývodů do spojivkového vaku. Její sekret – **slzy** *(lacrimae)* vymývají spojivku a jsou roztírány po rohovce, kterou chrání před vysycháním. Slzy se shromažďují při vnitřním koutku očním, odtékají do slzního váčku a dále slzovodem do nosní dutiny.

Pohyby oční koule zajišťuje 6 příčně pruhovaných očních svalů. Poruchou některého z nich *(nebo jejich nervů)* vzniká **šilhání** *(strabismus)*.



Slzní soustava
1 – slzní žláza, 2 – slzný vývod, 3 – slzný váček,
4 – nososlzný kanálek, 5 – nosní dutina

❑ ÚSTROJÍ SLUCHOVÉ

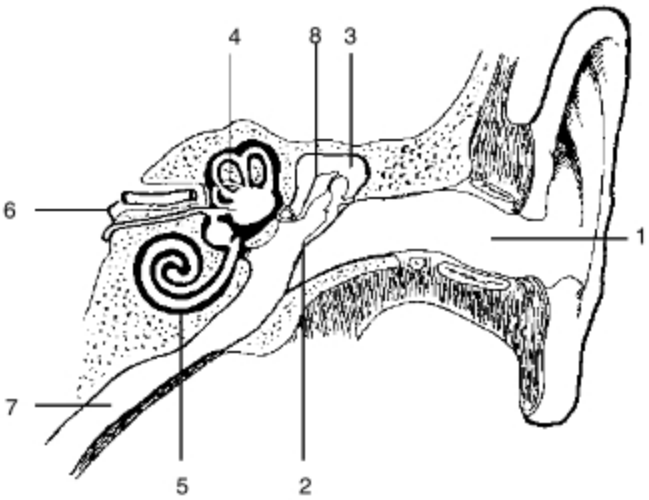
umožňuje rozlišování zvuků, které vznikají kmitáním pevných těles. Kmitání zdroje je přenášeno vlněním prostředí *(vzduchu, vody, pevných látek)* ke sluchovému ústrojí. Člověk rozlišuje zvuky v rozsahu 16 až 20 000 Hz.

Ucho *(auris)* se člení anatomicky a funkčně na tři části:

- ❑ ucho zevní,
- ❑ střední,
- ❑ vnitřní.

❑ ZEVNÍ UCHO

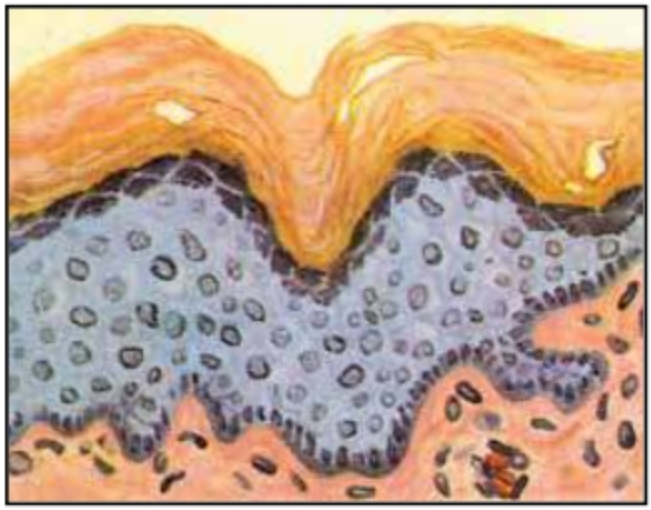
se skládá z boltce a zevního zvukovodu. Slouží k zachycování a vedení zvuků. **Boltec** je tvořen pružnou chrupavkou. **Zevní zvukovod** je trubice dlouhá asi 2,5 cm. Je vystlán jemnou kůží s četnými mazovými žlázami. Proti střednímu uchu je zvukovod uzavřen bubínkem. **Bubínek** *(membrana tympani)* je pružná, 0,1 mm silná blána, která se zvukovými vlnami, přicházejícími zvukovodem, rozkmitá.



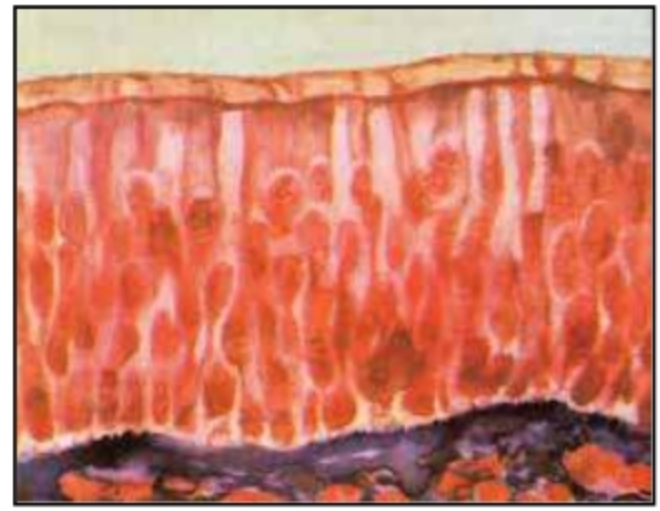
Řez uchem
1 – zvukovod, 2 – bubínek, 3 – středoušní dutina,
4 – blanitý labyrint, 5 – hlemýžď, 6 – sluchový nerv,
7 – Eustachova trubice, 8 – sluchové kůstky

❑ STŘEDNÍ UCHO

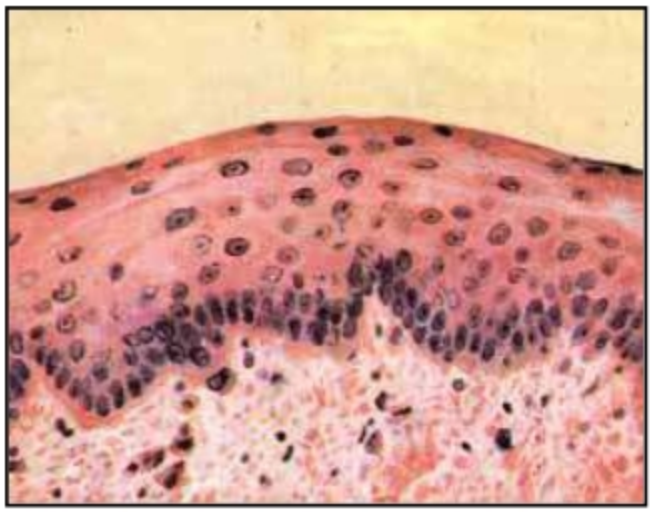
je dutina ve spánkové kosti, spojená **Eustachovou trubicí** s nosohltanem. Je vystlána tenkou sliznicí, která pokrývá i tři kůstky: **kladívko** *(malleus)*; **kovadlinku** *(incus)* a **třmínek** *(stapes)*. Kladívko je svým držátkem přirostlé k bubínku, oblou hlavičkou je kloubně spojeno s kovadlinkou a ta je spojena s třmínkem, jenž je zasazen do oválného okénka kosti skalní. Mezi plochou bubínku *(50 až 90 mm^2)* a malou ploškou třmínku *(3 mm^2)*, kterou vyplňuje oválné okénko, je velký nepoměr. Kůstky tvoří systém pák, který pohyby bubínku takto koncentruje na malou plochu a dosahuje tím až třicetinásobné zvětšení síly kmitu.



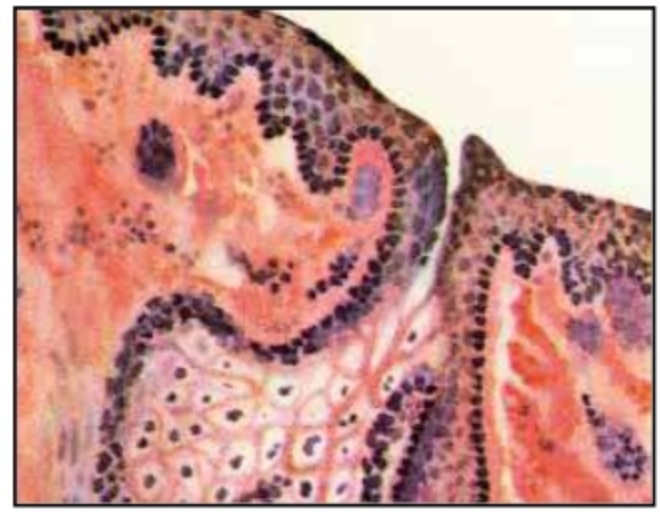
Mnohovrstevný rohovějící dlaždicový epitel ***(epidermis – pokožka)*** **600x.** Modře zbarvené jsou buňky zárodečné vrstvy. Postupně se mění na ploché, zrohovatělé, odumřelé buňky, které se z povrchu kůže stírají a odlupují.



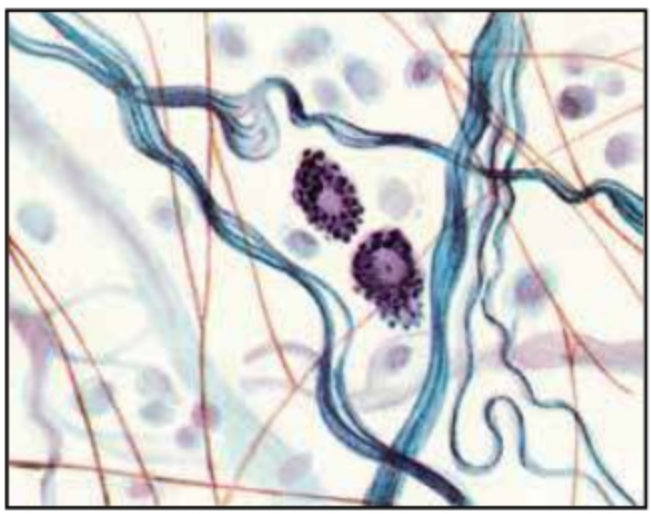
Víceřadý cylindrický epitel ***(průdušnice)*** **700x.** Epitel obsahuje vysoké cylindrické buňky s řasinkami a nízké cylindrické buňky ve spodní vrstvě.



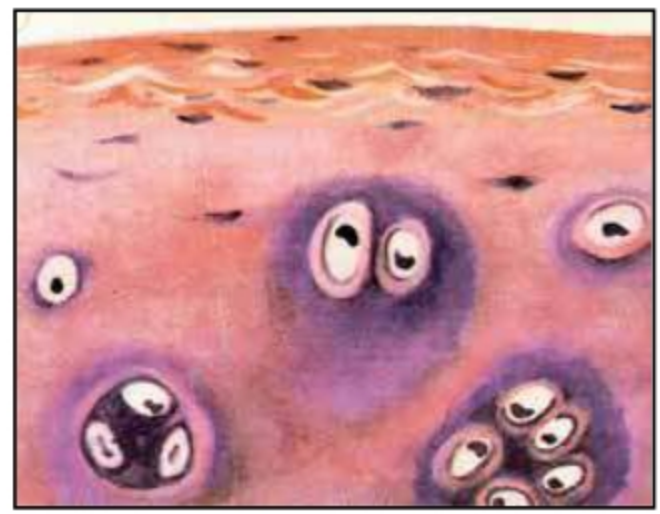
Vrstevnatý dlaždicový epitel ***(jícen)*** **550x.** Dlaždicové epitely chrání hlouběji uložené tkáně.



Mazová žláza ***(vlasová část kůže)*** **120x.** Produkuje maz namašťující povrch pokožky a vlasů, činí je tak vláčnými.

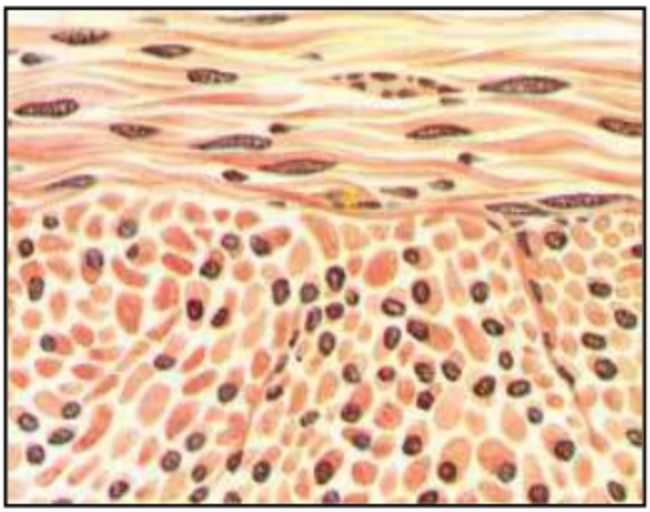


Řídké vláknité podkožní vazivo 400x. Uprostřed jsou patrné buňky žírné (*heparinocyty*) se zrnitou cytoplazmou a svazky kolagenních vláken.

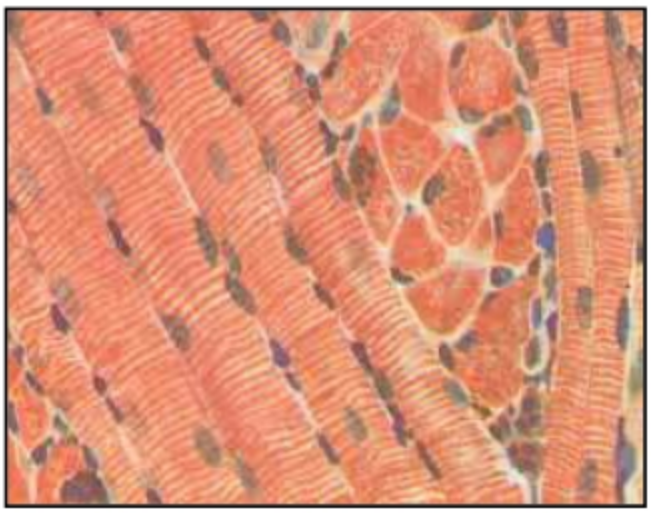


Hyalinní chrupavka 400x. Buňky jsou uloženy v komůrkách základní hmoty, která se zhušťuje okolo buněk v pouzdra.

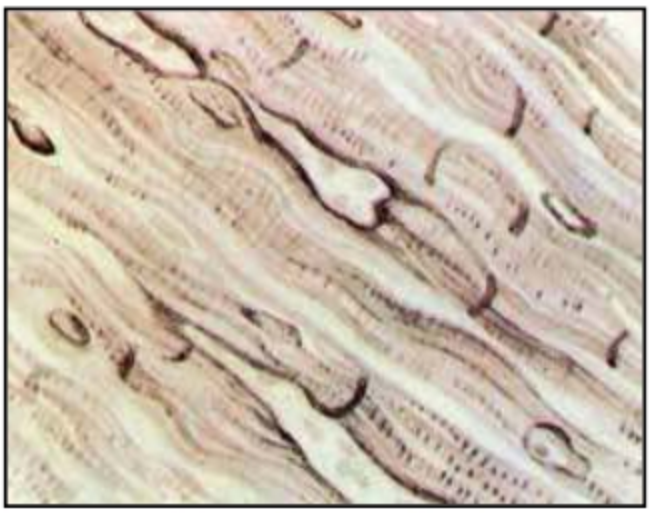
Kostní tkáň ***(příčný řez dlouhou kostí)*** **400x.** Mezibuněčnou hmotu tvoří kostní lamely. Na obrázku jsou kruhovitě uspořádány okolo Haversova kanálku. Mezi nimi jsou kostní buňky (*osteocyty*).



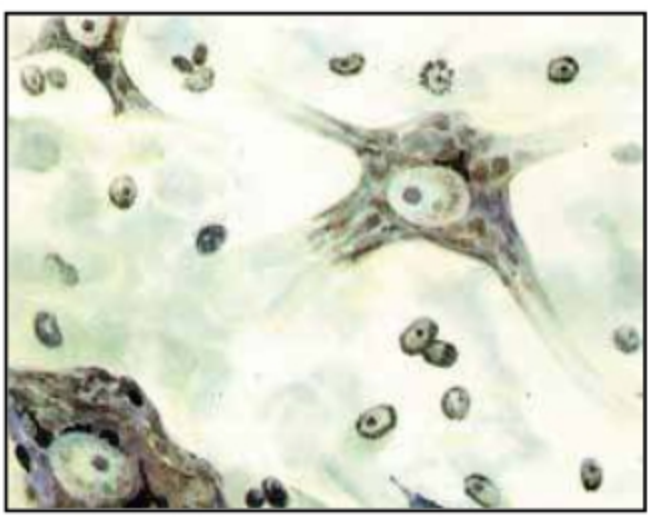
Hladký sval ***(stěna tenkého střeva)*** **400x.** Buňky hladké svaloviny jsou ve střevě uspořádány podélně a kruhovitě do dvou vrstev.



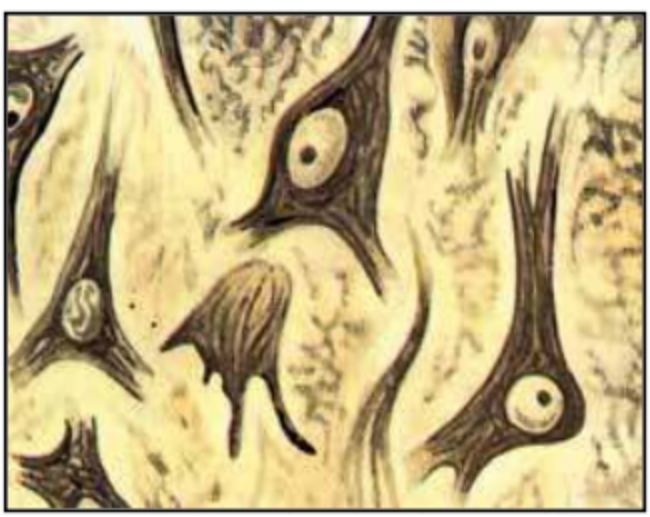
Příčně pruhovaný sval ***(jazyk)*** **400x.** Je tvořen svalovými vícejadernými vlákny, vyplněnými uvnitř podélně uloženými myofibrilami. Myofibrily jsou složeny z myozinu a aktinu.



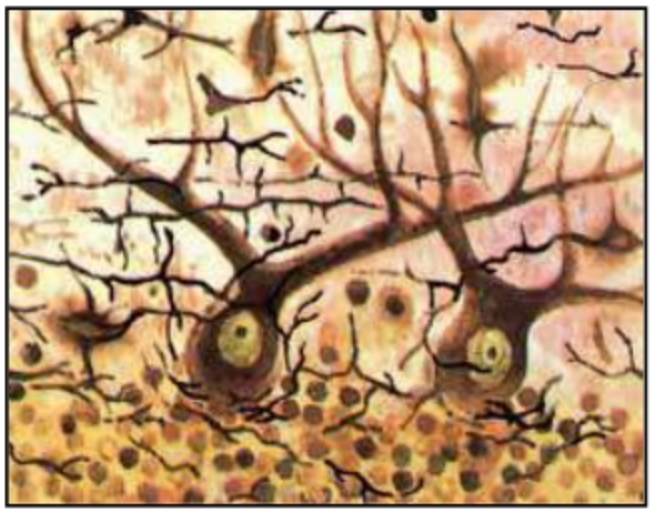
Srdeční sval 600x. Jde o příčně pruhovaný sval. Skládá se ze svalových buněk, ohraničených interkalárními disky, navzájem pospojovaných šikmými spojkami.



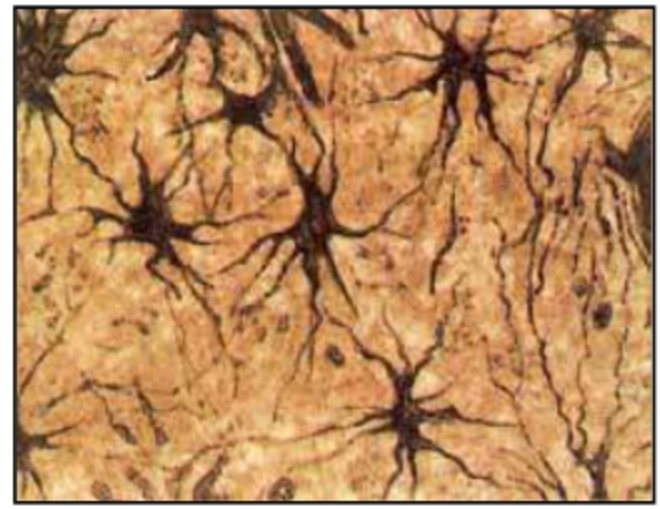
Nervová tkáň ***(nervové buňky v předních rozích páteřní míchy)*** **400x.** Motorické buňky s jádrem, jadérkem a s dendrity.



Nervová tkáň ***(nervové buňky kůry mozkové)*** **600x.** Pyramidové buňky s jádrem, jadérkem a s dendrity.

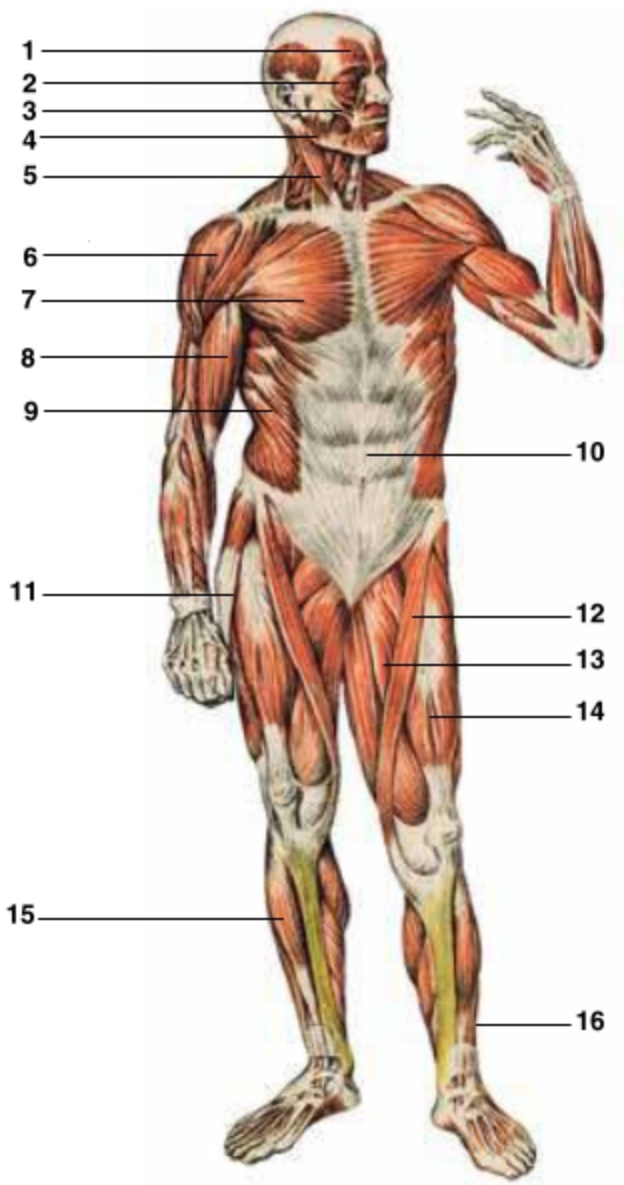


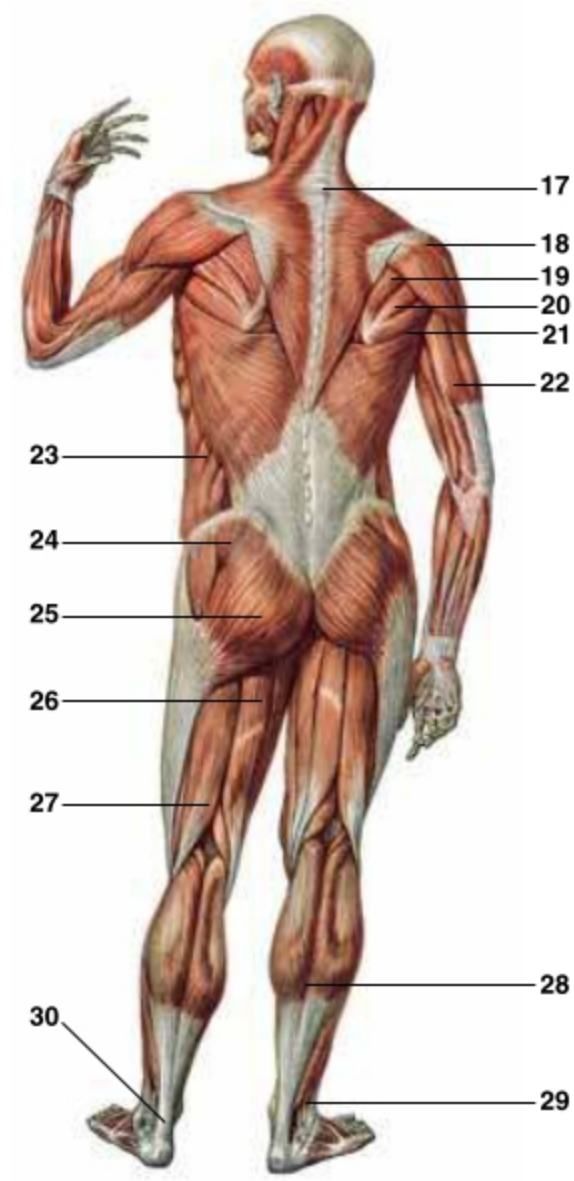
Nervová tkáň *(Purkyňovy buňky v kůře mozečku)* **400x.**



Neuroglie 600x.

SVALOVÁ SOUSTAVA ČLOVĚKA

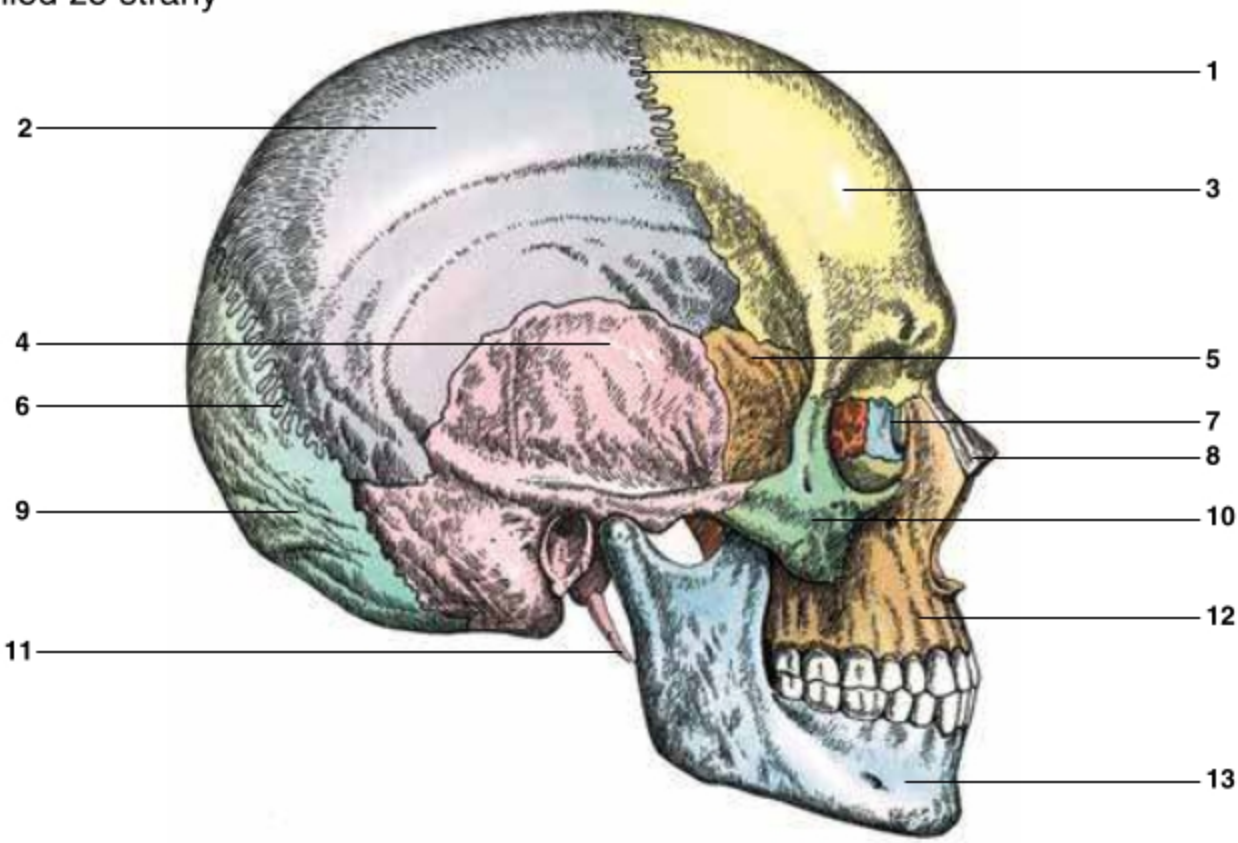




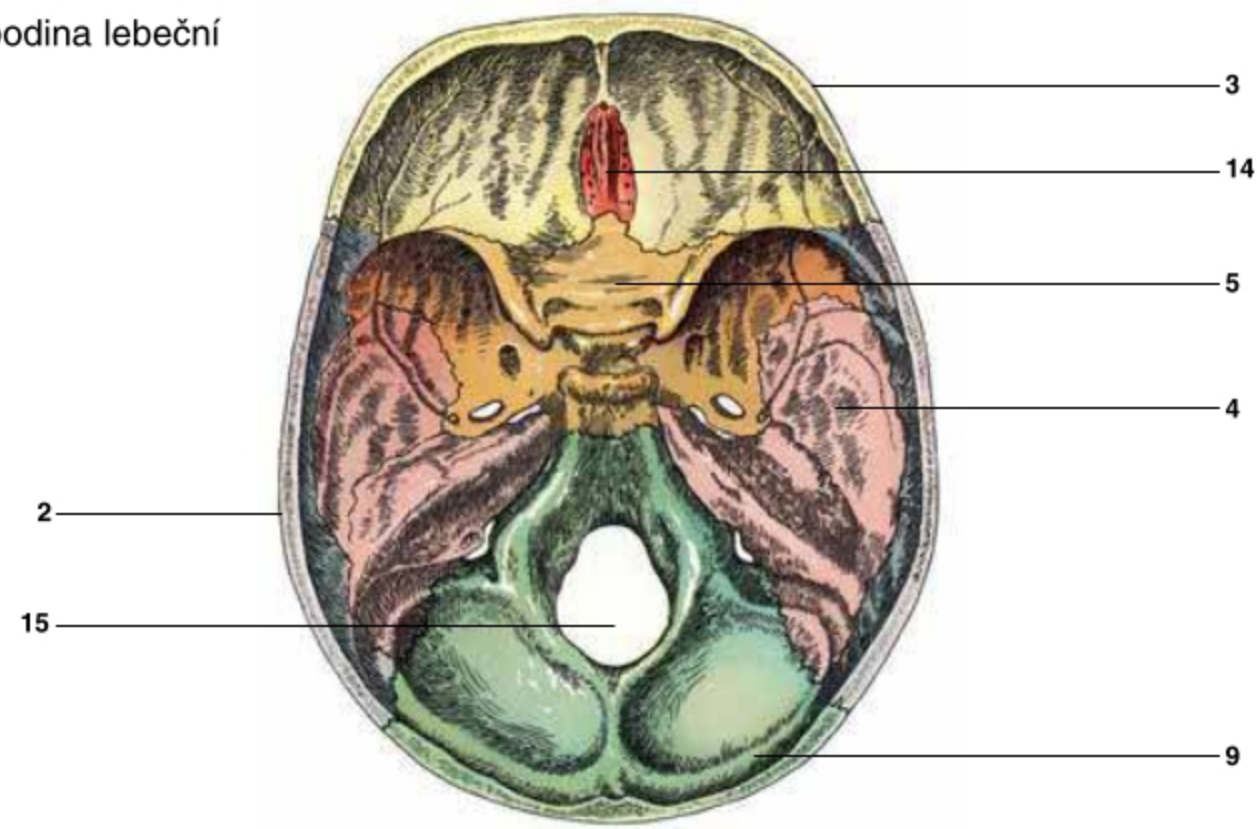
1 – sval čelní; **2** – sval kruhový oční; **3** – svaly mimické; **4** – zevní sval žvýkací; **5** – zdvihač hlavy; **6, 18** – sval deltový; **7** – velký sval prsní; **8** – dvojhlavý sval pažní; **9, 23** – zevní šikmý sval břišní; **10** – přímý sval břišní; **11** – napínač povázky stehenní; **12** – sval krejčovský; **13** – sval hřebenový; **14** – čtyřhlavý sval stehenní; **15** – natahovač bércový; **16** – natahovač prstů; **17** – sval trapézový; **19** – sval podhřebenový; **20** – malý sval oblý; **21** – velký sval oblý; **22** – trojhlavý sval pažní; **24** – střední sval hýžďový; **25** – velký sval hýžďový; **26** – sval pološlašitý; **27** – dvojhlavý sval stehenní; **28** – trojhlavý sval lýtkový; **29** – dlouhý sval lýtkový; **30** – Achillova šlacha

LEBKA ČLOVĚKA

pohled ze strany

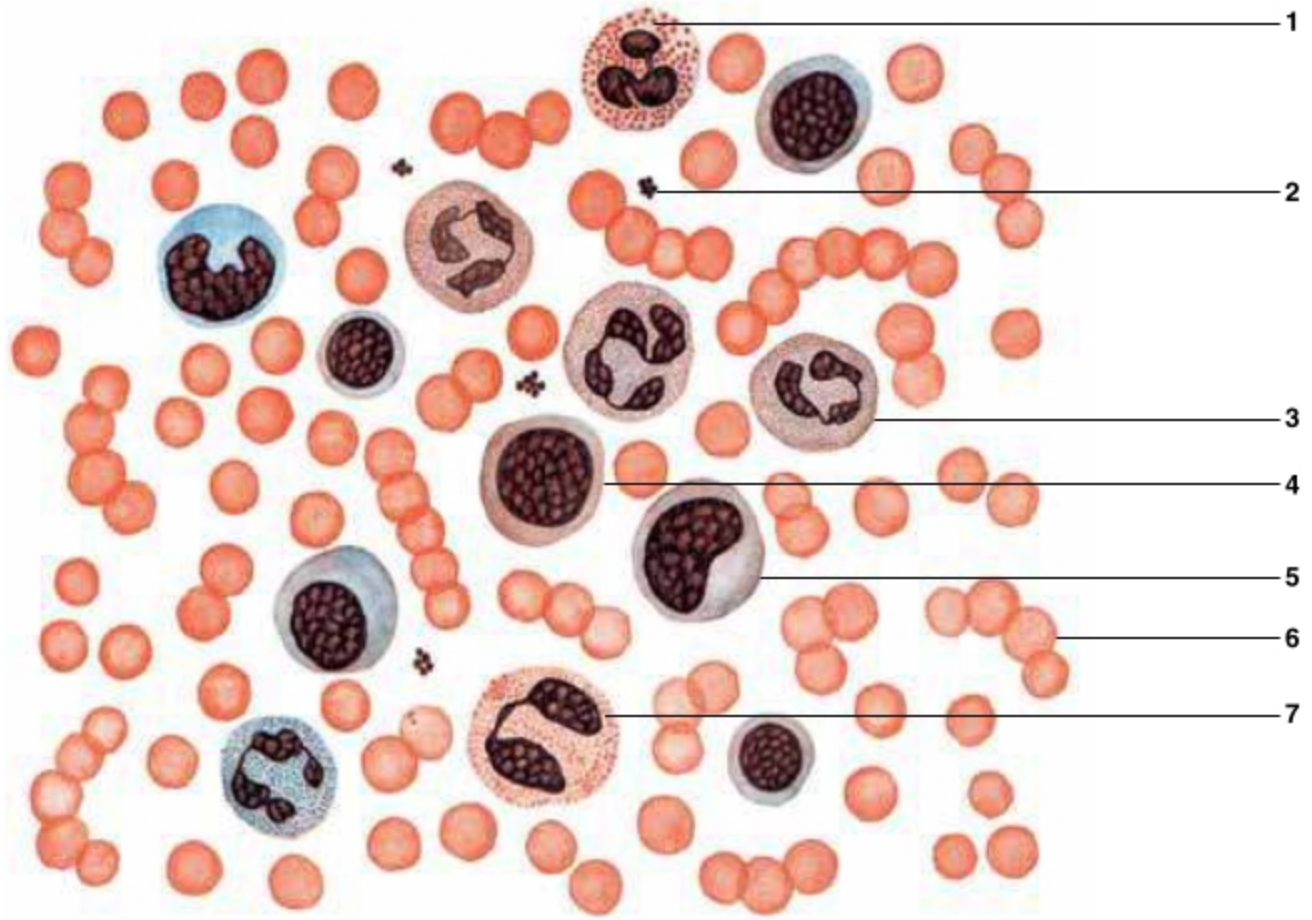


spodina lebeční



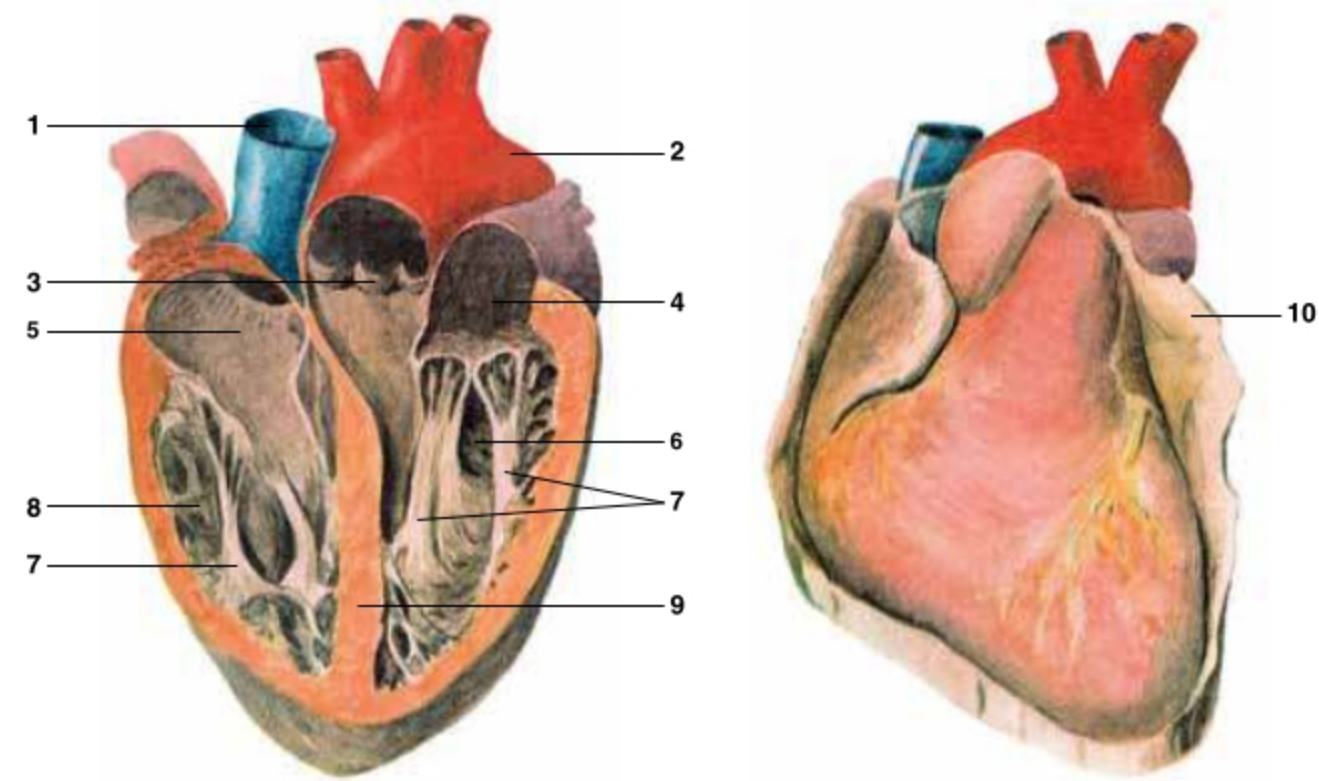
1 – šev korunní; **2** – kost temenní; **3** – kost čelní; **4** – kost spánková; **5** – kost klínová; **6** – šev lambdový; **7** – kost slzní; **8** – kost nosní; **9** – kost týlní; **10** – kost líční; **11** – bodcovitý výběžek kosti spánkové; **12** – horní čelist; **13** – dolní čelist; **14** – kost čichová; **15** – týlní otvor

KREVNÍ TĚLÍSKA



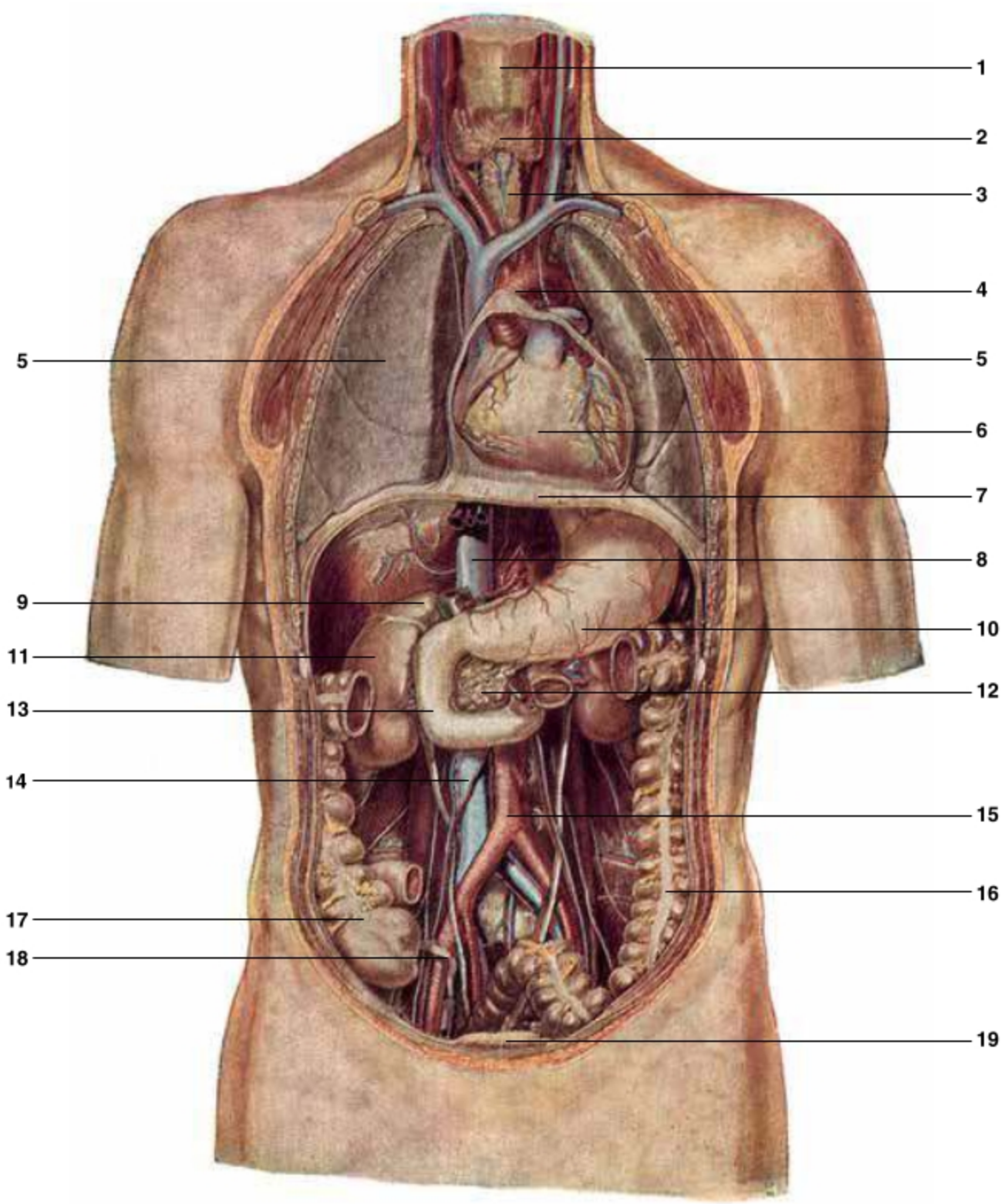
1 – bazofilní leukocyt; **2** – trombocyty; **3** – neutrofilní leukocyt; **4** – lymfocyt; **5** – monocyt; **6** – erytrocyt; **7** – eosinofilní leukocyt

SRDCE



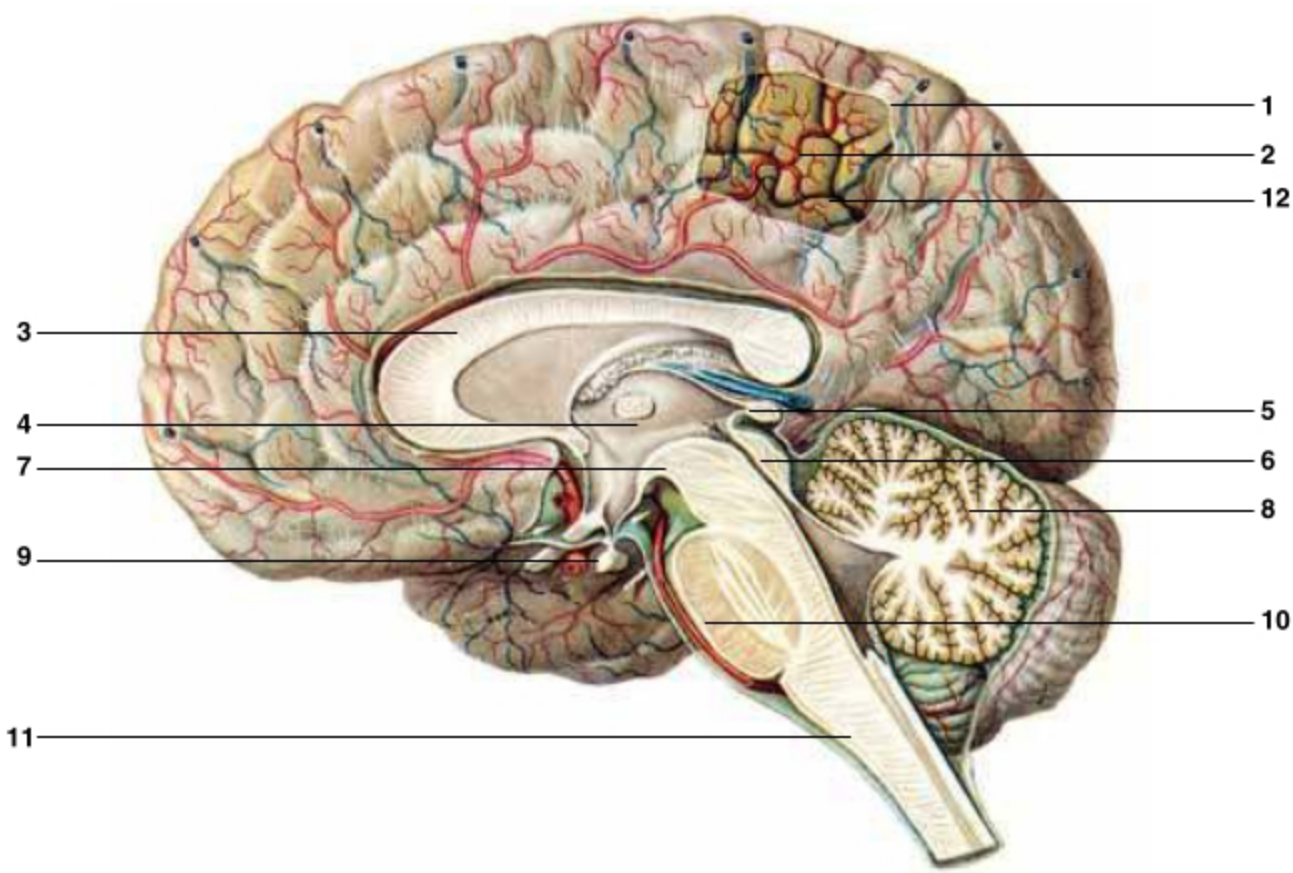
1 – horní dutá žíla; **2** – oblouk aorty; **3** – poloměsíčitá chlopeň; **4** – levá předsíň; **5** – pravá předsíň; **6** – levá komora; **7** – brdečkové svaly; **8** – pravá komora; **9** – přepážka srdeční; **10** – osrdečník *(pericardium)*

POLOHA ÚTROB



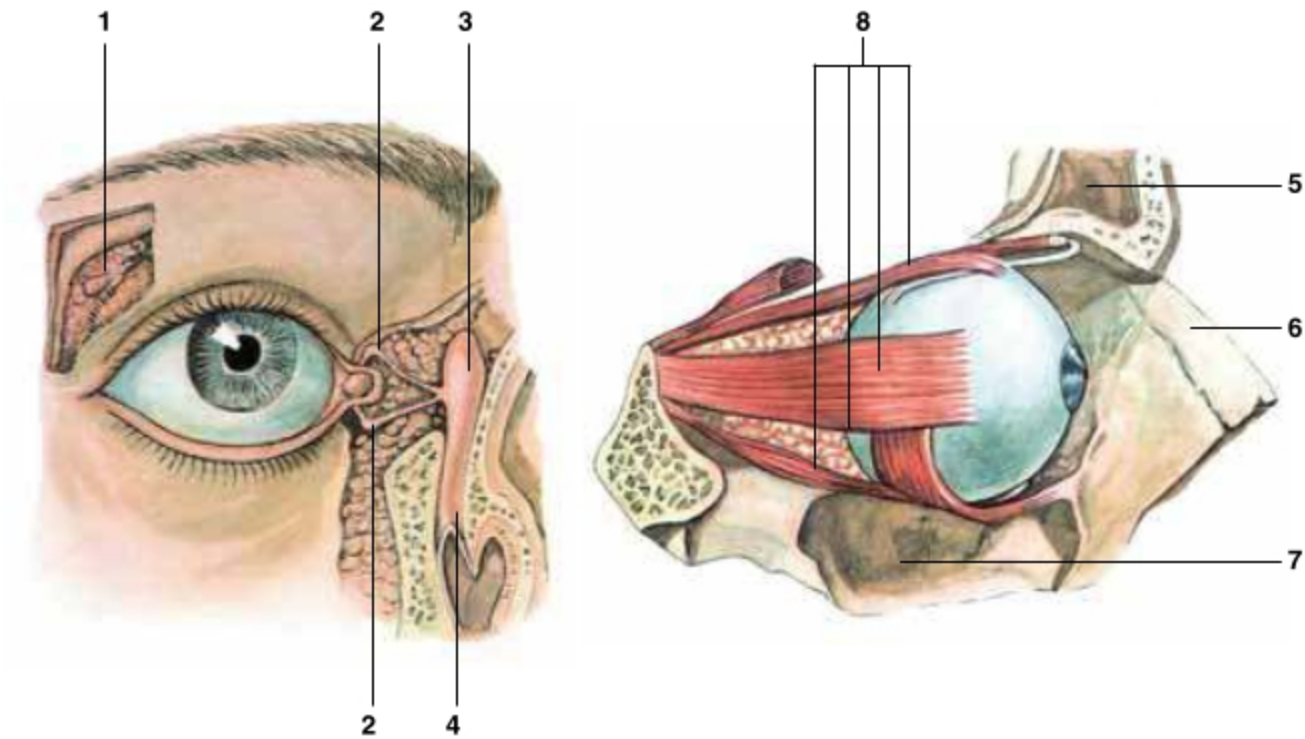
1 – chrupavka štítná; **2** – štítná žláza; **3** – průdušnice; **4**, **15** – aorta; **5** – plíce; **6** – srdce; **7** – bránice; **8**, **14** – dolní dutá žíla; **9** – nadledvina; **10** – žaludek; **11** – ledvina; **12** – slinivka břišní; **13** – dvanáctník; **16** – tlusté střevo; **17** – slepé střevo; **18** – červovitý přívěsek *(apendix)*; **19** – močový měchýř

PODÉLNÝ ŘEZ MOZKEM



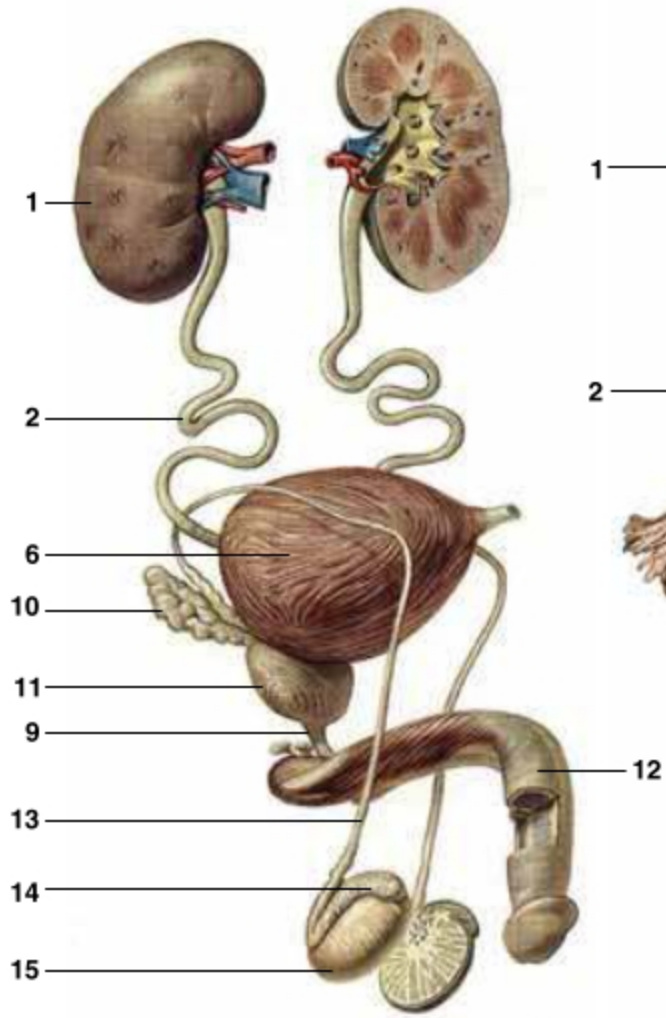
1 – pavučnice *(bezcévná)*; **2** – kůra mozková; **3** – kalózní těleso *(vazník mozkový)*; **4** – thalamus; **5** – šišinka; **6** – čtverohrbolí; **7** – hypotalamus *(podhrbolí)*; **8** – mozeček; **9** – podvěsek mozkový; **10** – most; **11** – prodloužená mícha; **12** – omozečnice *(cévnatá)*

PŘÍDATNÉ OČNÍ ORGÁNY

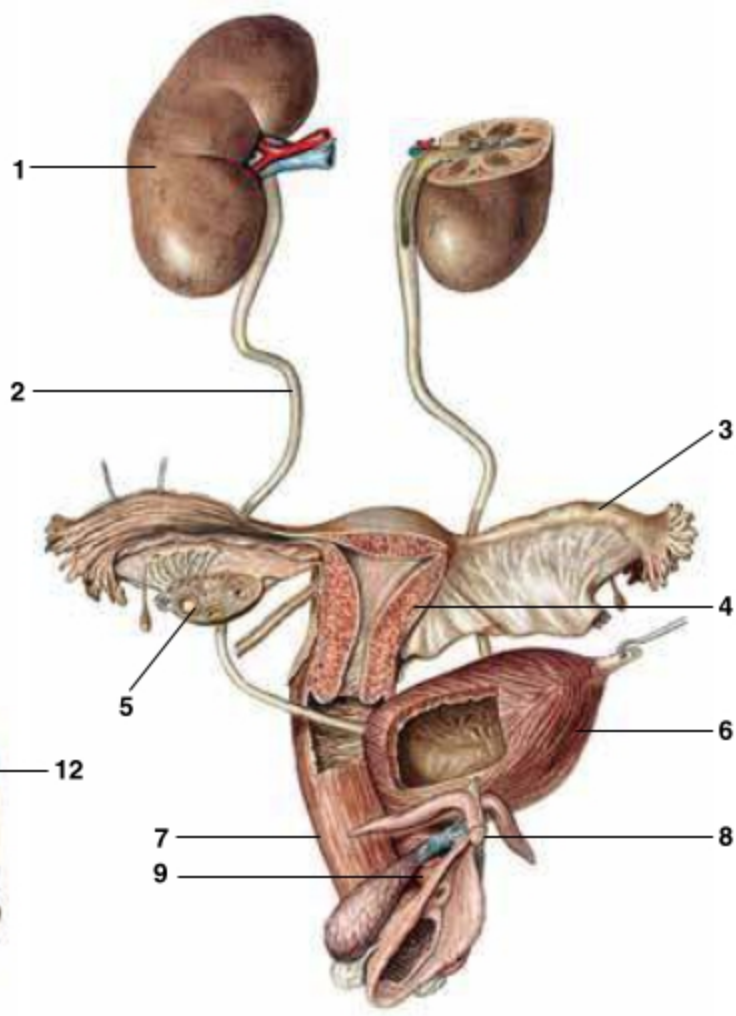


1 – slzní žláza; **2** – slzní kanálky; **3** – slzní váček; **4** – slzovod vedoucí do nosní dutiny; **5** – dutina v kosti čelní; **6** – kost nosní; **7** – dutina v horní čelisti; **8** – okohybné svaly

MOČOPOHLAVNÍ ÚSTROJÍ MUŽE



MOČOPOHLAVNÍ ÚSTROJÍ ŽENY



1 – ledvina; **2** – močovod; **3** – vejcovod; **4** – děloha; **5** – vaječník; **6** – močový měchýř; **7** – pochva; **8** – poštěváček; **9** – močová trubice; **10** – žláza měchýřkovitá; **11** – prostata; **12** – topořivé těleso; **13** – chámovod; **14** – nadvarle; **15** – varle

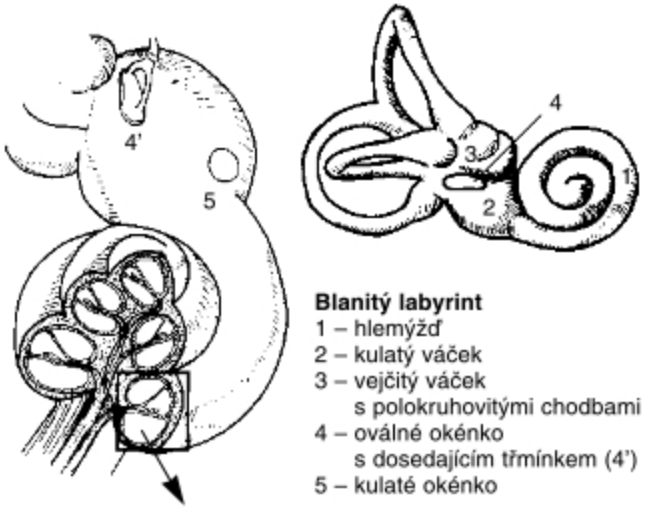
1 – Lidský zárodek ve stadiu vzniku končetin *(stáří asi 38 dnů).*

2 – Plod starý 3 měsíce *(velikost 8 cm, hmotnost 25 g)* uzavřený v amnionu s amniovou tekutinou.

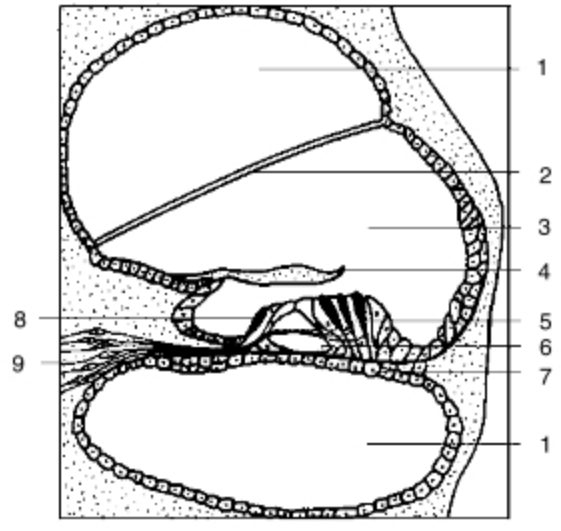
❑ VNITŘNÍ UCHO

je uloženo v dutinách skalní kosti, které se souborně označují jako **kostěný labyrint**, skládající se ze tří polokruhovitých kanálků, z předsíně a hlemýždě. Do předsíňové části vedou ze středoušní dutiny **dvě okénka**: **oválné**, do něhož je vsazen třmínek, a **kulaté**, uzavřené tenkou vazivovou blánou.

Dutiny kostěného labyrintu jsou vyplněny tekutinou – **perilymfou**, v níž se vznáší vlastní smyslový orgán – **blanitý labyrint**, tvořený dvěma váčky: vejčitým se třemi polokruhovými chodbami a váčkem kulatým, na který se napojuje hlemýžď. Blanitý labyrint je vyplněn tekutinou – **endolymfou**. **Hlemýžď** *(cochlea)* je blanitá, vazivová, slepě končící trubička, tvořící 2,5 závitu. Obsahuje vlastní sluchový ústroj – **Cortiho orgán**. Na průřezu je hlemýžď trojboký: spodní stěnu tvoří vlákna spodinové blanky, na níž spočívají šikmo o sebe opřené Cortiho sloupce, obsahující mezi vysokými buňkami buňky, které jsou opatřeny tuhými výběžky ***(osinkové buňky)***, k nimž se větví sluchový nerv.



Blanitý labyrint
1 – hlemýžď
2 – kulatý váček
3 – vejčitý váček
s polokruhovitými chodbami
4 – oválné okénko
s dosedajícím třmínkem (4')
5 – kulaté okénko



Řez hlemýžděm
1 – patra hlemýždě vyplněná tekutinou, 2 – blanka Reissnerova,
3 – hlemýžďový kanálek, 4 – blanka Cortiho,
5 – zevní sloupec Cortiho s osinkovými buňkami,
6 – tunel mezi Cortiho sloupci, 7 – spodinová blanka,
8 – vnitřní sloupec Cortiho s osinkovými buňkami,
9 – hlemýžďový nerv

❑ VNÍMÁNÍ ZVUKU

Kmity z bubínku se přenesou sluchovými kůstkami na oválné okénko a jím na perilymfu. Chvění perilymfy působí zespodu na vlákna spodinové blanky, která se rozkmitá. Osinkové buňky svými výběžky narážejí na krycí membránu, a tím se podráždí. Hlubší tóny rozechvívají spodinová vlákna ve vrcholových závitech, vysoké tóny spodinová vlákna v počátečních závitech.

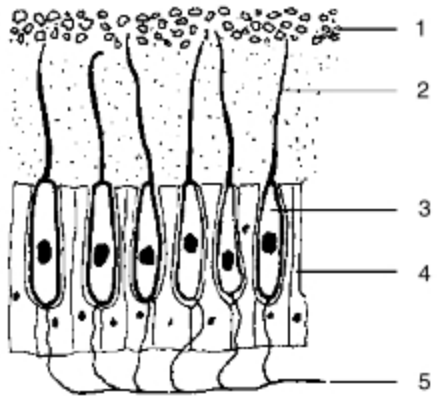
❑ ÚSTROJÍ ROVNOVÁŽNÉ
(statokinetické)

je součástí vnitřního ucha. Podle funkce se dělí na:

- ❑ čidlo statické *(pro vnímání polohy)*,
- ❑ čidlo kinetické *(pro vnímání pohybu)*.

❑ STATICKÉ ČIDLO

má receptory uloženy v kulatém a vejčitém váčku blanitého labyrintu. V těchto blanitých útvarech jsou malá políčka s vysokými epitelovými buňkami, zakončenými jemnými vlásky, které jsou zanořeny do vrstvičky hlenové hmoty, v níž jsou drobné krystalky vápenatých solí *(statokonií)*. Při změně polohy hlavy se vlivem gravitace krystalky vychylují a dráždí vláskové buňky.



Receptory polohy
1 – krystalky vápenatých solí,
2 – vlásky ve vrstvě hlenové hmoty, 3 – vlásková buňka,
4 – podpůrné buňky, 5 – nerv

❑ KINETICKÉ ČIDLO

má receptory uloženy v ampulách polokruhových chodeb. V každé ampule je vyvýšenina s vysokými buňkami, opatřenými dlouhými vlásky. Ty jsou drážděny pohybem endolymfy při změně polohy *(pohybu)* hlavy.

Vzruchy, přicházející z receptorů blanitých váčků a polokruhových chodeb, jsou osmým mozkovým nervem přiváděny do mozkového kmene a odtud jsou vedeny do příslušných okrsků mozkové kůry.

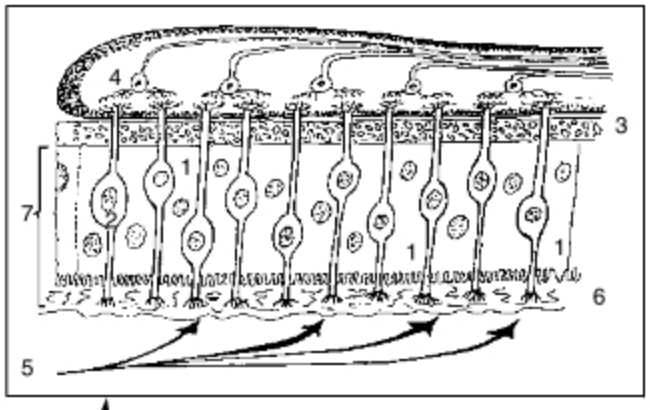
❑ CHEMORECEPTORY

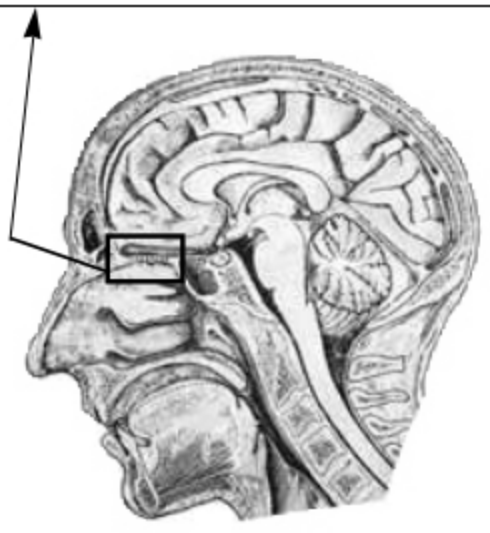
reagují na chemické podněty. Mají vztah k nejzákladnějším funkcím organismu: k orientaci, vyhledávání a přijímání potravy a k regulaci dýchání.

❑ ÚSTROJÍ ČICHOVÉ

je drážděno pachovými látkami, rozptýlenými ve vzduchu. Receptory – **čichové buňky** tyčinkovitého tvaru s vláskovými výběžky se nacházejí na čichovém políčku v horní části nosní přepážky a stropu nosní dutiny.

Výběžky čichových buněk procházejí otvory v čichové kosti do lebeční dutiny a vstupují do čichového mozku, kde se přepojují

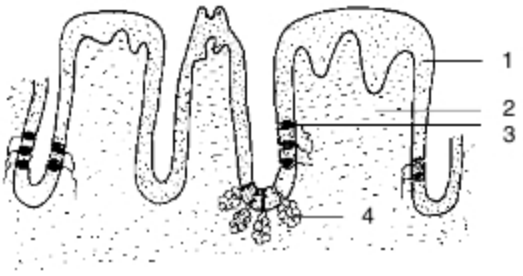




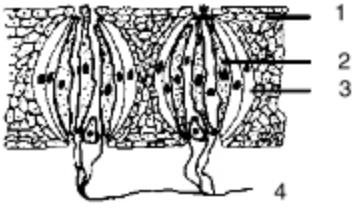
Řez čichovou sliznicí
1 – podpůrné buňky, 2 – receptorové buňky, 3 – čichová kost, 4 – čichový bulbus, 5 – zapáchající látky, 6 – slizová vrstva, 7 – čichová sliznice

❑ ÚSTROJÍ CHUŤOVÉ

je tvořeno **chuťovými pohárky**, uloženými ve slizničním epitelu na jazyku, měkkém patře a v horní části hltanu. Chuťovými receptory jsou **chuťové buňky** pohárků. Buňky jsou opředeny vlákny mozkových nervů. Jsou drážděny látkami, rozpustnými ve slinách. Rozlišujeme **4 základní chuťové pocity**: slano, sladko, hořko a kyselo. Těmto čtyřem chutím odpovídají i čtyři druhy receptorů, které jsou na jazyku soustředěny do určitých pásů. Na hrotu jazyka převažují receptory pro sladké a slané látky, na okrajích jazyka jsou receptory pro vnímání kyselé a sladké chuti a kořen jazyka je citlivý pro hořké látky.



Jazykové papily
1 – jazykový epitel, 2 – pojivová tkáň, 3 – chuťový pohárek, 4 – žlázy vylučující sliz



Chuťový pohárek
1 – jazykový epitel
2 – chuťové buňky
3 – podpůrné buňky
4 – senzorické nervové vlákno

❑ CHEMORECEPTORY OVLIVŇUJÍCÍ DÝCHÁNÍ

jsou skupiny buněk, nacházejících se v místech, kde se společná krkavice štěpí na vnitřní a vnější větev *(viz str. 265)*. Jsou citlivé na obsah kyslíku a oxidu uhličitého v krvi. Informace jsou mozkovými nervy vedeny do mozkového kmene a k dýchacímu centru v prodloužené míše. Dýchací centrum obsahuje receptory, citlivé na změny pH krve.

SOUSTAVY ROZMNOŽOVACÍ
(pohlavní)

Rozmnožovací soustava zajišťuje vznik nového jedince, zabezpečuje existenci biologického druhu a přenos genetických informací. Je tvořena **pohlavními žlázami**,v nichž uzrávají pohlavní buňky, a **pohlavními cestami**. Vývoj rozmnožovacího ústrojí je těsně spjat s vývojem ústrojí močového. Obě soustavy vznikají ze společného základu ***(mezodermu)***.

❑ POHLAVNÍ SOUSTAVA MUŽE

zajišťuje tři základní funkce:

1. Tvorbu mužských pohlavních buněk *(spermiogenezi)*.
2. Tvorbu mužských pohlavních hormonů.
3. Uskutečnění pohlavního spojení *(koitus)*.

Mužskou pohlavní žlázou jsou varlata.

❑ VARLE *(testis)*

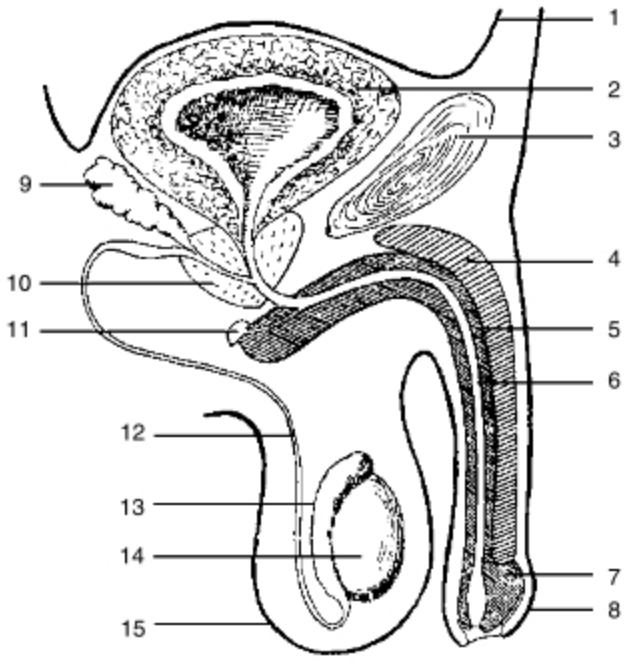
je párový orgán vejčitého tvaru, velikosti 4–5 cm, se smíšenou funkcí. Je uloženo mimo břišní dutinu, v šourku. Na povrchu varlete je vazivové pouzdro, ze kterého dovnitř vnikají úzké vazivové přepážky, rozdělující vnitřní prostor varlete na několik oddílů. V jednotlivých oddílech začínají slepě nitkovité, mnohonásobně stočené **kanálky semenotvorné**. V jejich zárodečném epitelu se postupně vyvíjejí **pohlavní buňky** *(spermie)*.

Tvorba spermií se nazývá **spermiogeneze** *(její průběh viz doplněk str. 324)*. Začíná v období pohlavního dospívání a trvá do individuálně různě vysokého věku. Zralé spermie se uvolňují a shromažďují se v **nadvarleti** *(epididymis)*. Zrání spermií trvá asi 74 dní a vyžaduje teplotu asi o 4 °C nižší, než je tělesná teplota *(proto jsou varlata uložena v šourku)*. Spermie jsou vysoce specializované buňky, složené z **hlavičky**, obsahující jádro, **krčku**, obsahujícího dělicí tělísko ***(centriol)***, a z **bičíku**, zajišťujícího pohyb.

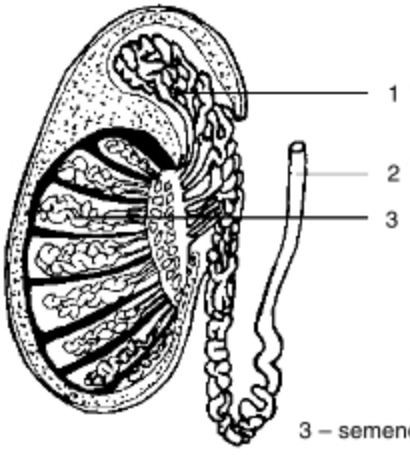
Ve vazivu, vyplňujícím prostory mezi semenotvornými kanálky, jsou vmezeřeny **Leydigovy buňky**, produkující mužský pohlavní hormon ***(testosteron)***.

❑ VÝVODNÉ CESTY POHLAVNÍ

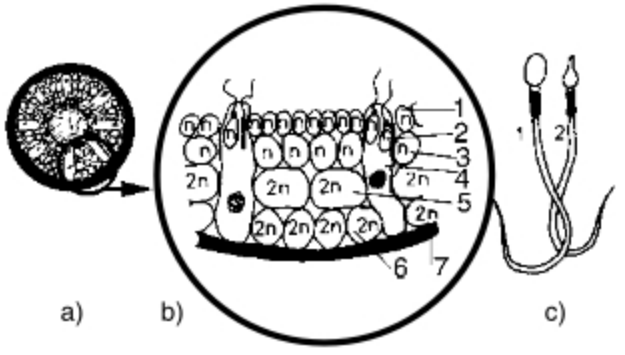
Semenotvorné kanálky se spojují a přecházejí do nadvarlete. Spermie se zde mísí s hlenovitým sekretem buněk, vystýlajících nadvarle, dozrávají a získávají schopnost samostatného pohybu. Vývodem nadvarlete je chámovod.



Mužské pohlavní ústrojí
1 – pobřišnice, 2 – močový měchýř, 3 – spona stydká, 4 – topořivé těleso pyje, 5 – houbovité těleso močové trubice, 6 – močová trubice, 7 – žalud, 8 – předkožka, 9 – žláza měchýřkovitá, 10 – žláza předstojná, 11 – žláza Cowperova, 12 – chámovod, 13 – nadvarle, 14 – varle, 15 – šourek



Řez varletem
1 – nadvarle
2 – chámovod
3 – semenotvorné kanálky



a) Příčný řez semenotvorným kanálkem
b) Detail řezu
1 – spermatidy, 2 – zralé spermie, 3 – spermatocyty II. řádu, 4 – Sertoliho buňka, 5 – spermatocyty I. řádu, 6 – spermatogonie, 7 – membrána
c) Spermie
1 – pohled shora, 2 – pohled ze strany

• **Chámovod** *(ductus deferens)* je trubice asi 4 mm silná a asi 40 cm dlouhá, probíhající vzhůru tříselným kanálem a ústící pod močovým měchýřem do močové trubice. V místě vyústění chámovodů obemyká močovou trubici **žláza předstojná** *(prostata)*. Žlázky prostaty produkují sekret, který svou alkalickou reakcí neutralizuje kyselou reakci v močové trubici a v pochvě, a zvyšuje tak životnost a pohyblivost spermií. Před vstupem do žlázy předstojné se připojují k chámovodům **měchýřkovité žlázy** *(glandulae vesiculosae)*. Jejich sekret se mísí s obsahem prostaty a s hlenovitým sekretem nadvarlat. Vzniklá tekutina se nazývá **ejakulát** *(chám)*. Jeho množství se pohybuje od 2 do 3 ml *(v jednom mililitru ejakulátu je obsaženo asi asi 80 milionů spermií)*.

❑ ZEVNÍ POHLAVNÍ ORGÁNY

• **Močová trubice** slouží nejen k vedení moči, ale i ejakulátu. Prochází svalovým dnem pánevním a pod sponou stydkou se zanořuje do **pyje** *(penis)*, kde probíhá uvnitř **houbovitého tělesa** *(corpus spongiosum penis)*, jež je zakončeno rozšířeným **žaludem** *(glans penis)*. Nad houbovitým tělesem jsou v pyji ještě dvě souběžná **topořivá tělesa**. Mají vazivový obal, uvnitř vazivovou trámčinu a v ní síť žilních prostorů, jejichž prokrvení umožňuje změny velikosti a polohy ***(erekci)*** zevního pohlavního orgánu. Erekce je výsledkem složitého reflexu, ovládaného erekčním centrem v křížové míše pod kontrolou mozku. Kůže na povrchu pyje je tenká, pohyblivá. Přechází přes žalud zásobní řasou, zvanou **předkožka** *(preputium)*.

• **Šourek** *(scrotum)* je vak, v němž jsou uložena varlata. V jeho stěně a v obalech varlete jsou svalové snopce, které svým smrštěním přitahují varlata ke kanálu tříselnému, nebo je naopak ochabnutím oddalují od břišní stěny. Tímto je regulována stálá teplota ve varlatech *(32 °C)*.

❑ POHLAVNÍ SOUSTAVA ŽENY

zajišťuje několik základních funkcí.

1. Tvorbu *(oogenezi)* a zrání vajíček.
2. Produkci ženských pohlavních hormonů.
3. Uskutečnění pohlavního spojení.
4. Dojde-li k oplození vajíčka, vytváří vhodné prostředí pro vývoj plodu a jeho porod.

Ženskou pohlavní žlázou jsou párové vaječníky.

❑ VAJEČNÍK *(ovarium)*

je pohlavní žláza, 3 až 5 cm dlouhá, s hladkým povrchem *(u mladých dívek)* a rozeklaným *(u žen)*. Pod povrchovým, jednovrstevným kubickým epitelem jsou ve vazivu uložena vajíčka, obklopená vrstvičkou epitelových buněk. Tvorba vajíček se nazývá **oogeneze** *(viz doplněk str. 324)*. **Nezralá vajíčka** *(oocyty)* jsou zde uložena již od narození *(asi 700 tisíc)* a do začátku puberty se jejich počet značně zredukuje. V celém plodném období ženy potom uzraje jen asi 400 vajíček.

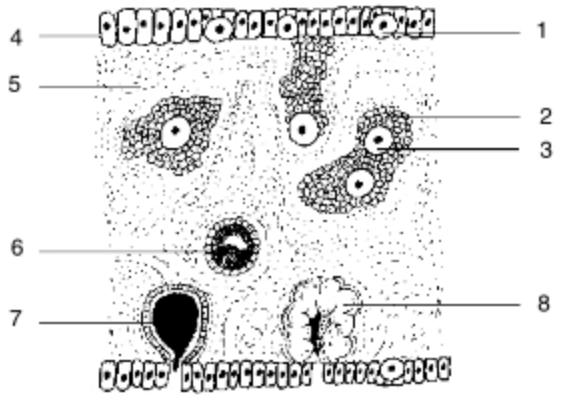
Epitelové buňky se okolo vajíčka množí tak, že se původně jejich shluk mění na dutý váček – **Graafův folikul** *(12 až 15 mm)*, vyplněný tekutinou, obsahující ženský pohlavní hormon **estrogen** *(estradiol)*. V pravidelných 28denních cyklech, tzv. **ovulačních cyklech**, jeden folikul praskne a s kapalinou se vyplaví uvolněné vajíčko, které se dostává do vejcovodu. Dutina folikulu se rychle vyplňuje množícími se epitelovými buňkami a vzniká útvar nazývaný **žluté tělísko** *(corpus luteum)*. Nedošlo-li mezitím k oplození vajíčka, žluté tělísko se zmenšuje a po několika týdnech vymizí – po folikulu zůstane na povrchu vaječníku jizva.

Bylo-li vajíčko oplozeno a uhnízdilo se ve sliznici děložní, žluté tělísko dále roste a udržuje se do 5. až 6. měsíce těhotenství. Je žlázou, produkující hormon **progesteron**, který podporuje uhnízdění oplozeného vajíčka v děložní sliznici a zároveň brání zrání dalších Graafových folikulů.

❑ VÝVODNÉ CESTY POHLAVNÍ

• **Vejcovod** *(tuba uterina)* je párový orgán. Je to trubice 5 mm silná a 10 až 15 cm dlouhá, nálevkovitě otevřená proti vaječníku. Stěna vejcovodu je tvořena spirálně uspořádanou hladkou svalovinou a pokryta řasinkovým epitelem. Stahy svaloviny a pohybem řasinek je vajíčko posouváno do dělohy.

• **Děloha** *(uterus)* je svalnatý orgán hruškovitého tvaru, tvořený hladkým svalstvem. **Sliznice děložní** *(endometrium)* je kryta jednovrstevným válcovitým epitelem řasinkovým, produkujícím řídký hlen děložní. Děložní sliznice prodělává u dospělé ženy změny, spojené s ovulačním cyklem a označované jako **menstruační cyklus.**



Zrání vajíček
1 – oogonie, 2 – folikulární buňky, 3 – oogonie obklopené folikulárními buňkami, 4 – buňky zárodečného epitelu, 5 – vazivo vaječníku, 6 – dozrávající Graafův folikul, 7 – prasklý Graafův folikul, 8 – žluté tělísko

❑ **MENSTRUAČNÍ CYKLUS** sestává:

– z **menstruační fáze**, trvající asi 4 dny, při níž dochází ke krvácení, odlučování a odstraňování zničené sliznice;

– z **proliferační fáze** *(růstové)*, navazující na ukončení menstruačního krvácení; toto období spadá mezi 5.–12. den cyklu a v jeho průběhu dochází ke zrání Graafova folikulu a k růstu nové sliznice děložní;

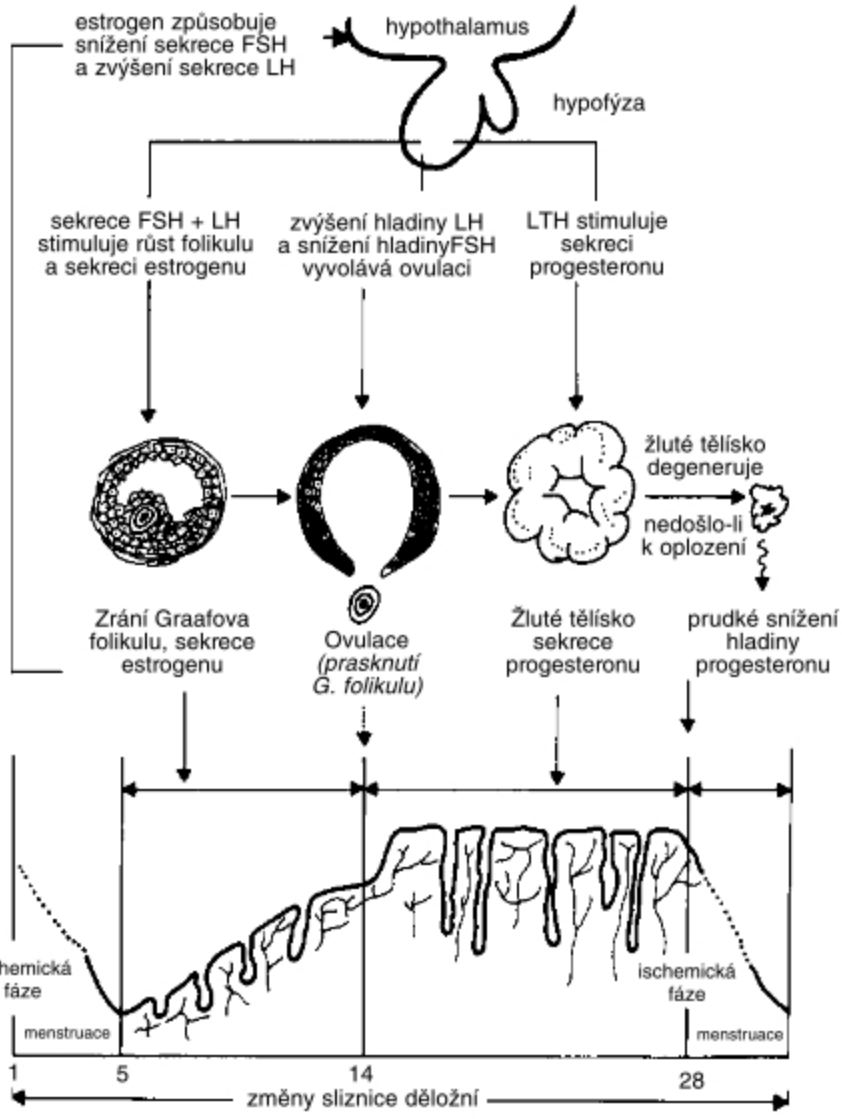
– ze **sekreční fáze**, navazující plynule na předchozí fázi. Sliznice dále roste a žlázky v ní obsažené produkují velké množství hlenu. Sliznice je výborně prokrvena. Fáze trvá od 13. do 27. dne. Vajíčko se z vaječníku uvolňuje asi mezi 12. až 14. dnem. Vrchol ovulačního cyklu tedy spadá asi do poloviny menstruačního cyklu, kdy je sliznice děložní nejlépe připravena na přijetí oplozeného vajíčka. Jestliže nedošlo k oplození vajíčka, žluté tělísko postupně zaniká, snižuje se hladina progesteronu, děložní sliznice se snižuje a mezi 24. až 27. dnem se postupně rozpadá;

– z **ischemické fáze** *(27. až 28. den)*, vyvolané prudkým poklesem hladiny progesteronu a uvolněním oxytocinu z neurohypofýzy, který způsobí několikahodinové stažení cév, zásobujících sliznici krví. Nedostatečně prokrvené endometrium se rozpadne. Stažení cév postupně povoluje a krev, přitékající do poškozené sliznice, odlučuje a odplavuje odumřelé vrstvy. Začíná nový cyklus.

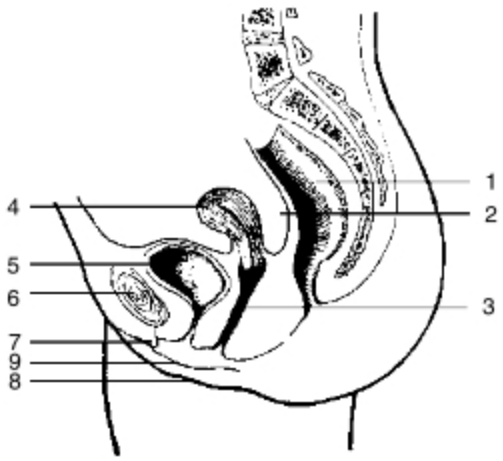
• **Pochva** *(vagina)* spojuje dutinu dělohy se zevními pohlavními orgány. Poševní stěny vytvářejí okolo krčku poševní klenbu. Poševní sliznice je kryta vrstevnatým dlaždicovitým epitelem bez žlázek. Ve stěnách pochvy je hladké svalstvo.

❑ **ZEVNÍ POHLAVNÍ ORGÁNY**

Pochva sestupuje šikmo vpřed a vyúsťuje mezi **malými pysky** *(labia minora)*. U malých pysků se otevírají do poševního vchodu vývody **Bartholinových žláz**, vyměšujících hlen. Malé pysky se sbíhají vzhůru v řasu, která kryje topořivé tělísko – **poštěváček** *(clitoris)*. Zevně od malých pysků jsou **pysky velké** *(labia majora)*, podlouhlé kožní valy, podložené tukovým vazivem.



⇦ **Menstruační cyklus**



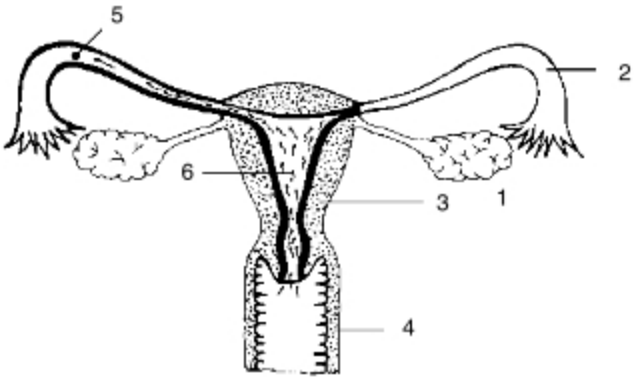
Ženské pohlavní ústrojí
1 – konečník, 2 – pobřišnice, 3 – pochva, 4 – děloha, 5 – močový měchýř, 6 – spona stydká, 7 – poštěváček, 8 – velký pysk, 9 – malý pysk

INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ČLOVĚKA
(ontogeneze)

❑ VÝVOJ PŘED NAROZENÍM

❑ OBDOBÍ ZÁRODEČNÉ *(embryonální)*

začíná oplozením vajíčka v horní části vejcovodu. Životnost spermií i vajíček v pohlavních orgánech ženy je velmi krátká *(vajíčko je schopno oplození jen asi 12 hodin po ovulaci, životnost spermií po souloži je asi 1 až 2 dny)*. Největší pravděpodobnost oplození je mezi 12. až 16. dnem menstruačního cyklu.

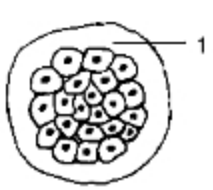


Oplození
1 – vaječník, 2 – vejcovod, 3 – děloha, 4 – pochva, 5 – vajíčko, 6 – spermie pronikající do vejcovodu

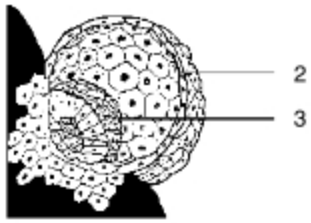
Oplozené vajíčko se začíná ihned rýhovat. Lidské vajíčko obsahuje málo žloutku *(je **alecitální**)*. Rýhuje se **stejnoměrně** *(ekválně)* a **úplně** *(totálně)*. Během 4 až 6 dnů po oplození dospěje ve stadiu **moruly** do dutiny děložní.

Morula se mění v tenkostěnný měchýřek *(blastocystu)*, k jehož stěně přiléhá uvnitř na jednom místě shluk buněk, tvořících zárodečný uzel *(embryoblast)*. Tenká stěna měchýřku *(trofoblast)* je základem pro zárodečný obal *(chorion)*. Z embryoblastu vzniká jednak vnitřní zárodečný obal *(amnion)*, jednak vlastní tělo zárodku.

Stopka *(stvol)* připojuje amniový váček se zárodkem k váčku choriovému. Amniový váček se rozpíná, obklopuje celé tělo zárodku, přikládá se k choriu; tím se vytváří **pupečník**.



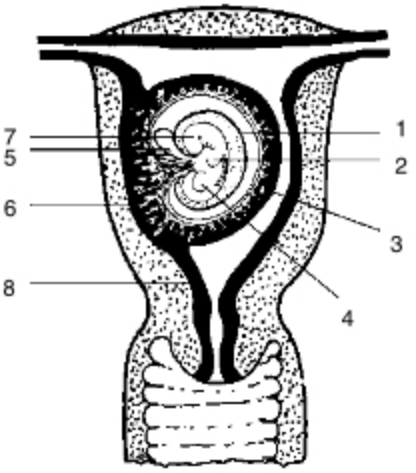
A. Zárodek ve stadiu moruly
1 – blána vaječná



B. Řez zárodkem ve stadiu blastocysty
2 – trofoblast, 3 – embryoblast

V samém zárodku se v prvních dvou měsících rozlišují ze zárodečných listů tkáně a orgány. Na konci 2. měsíce těhotenství měří zárodek asi 3 cm a jsou vytvořeny základy všech orgánů. Nabývá typicky lidských tvarů, je miniaturou dítěte, jež se od této chvíle nazývá **plod** *(fetus)*. V místě, kde se pupečník připojuje k choriové bláně, přecházejí krevní cévy pupečníku do klkatých výběžků choriových, v nichž se větví. Z části choriové blány se vytváří spojení se stěnou děložní – **plodové lůžko** *(placenta)* ve tvaru okrouhlé desky. Choriové výběžky vrůstají do stěny děložní, čnějí do širokých prostorů vyplněných mateřskou krví. Krevní oběh plodu však zůstává stěnami klků zcela oddělen od krve matčiny. Placenta tedy působí jako zásobník a filtr krve. Prostřednictvím difuze se jejími stěnami uskutečňuje příjem kyslíku a živných látek do krve plodu a výdej oxidu uhličitého a odpadních látek do krve matky.

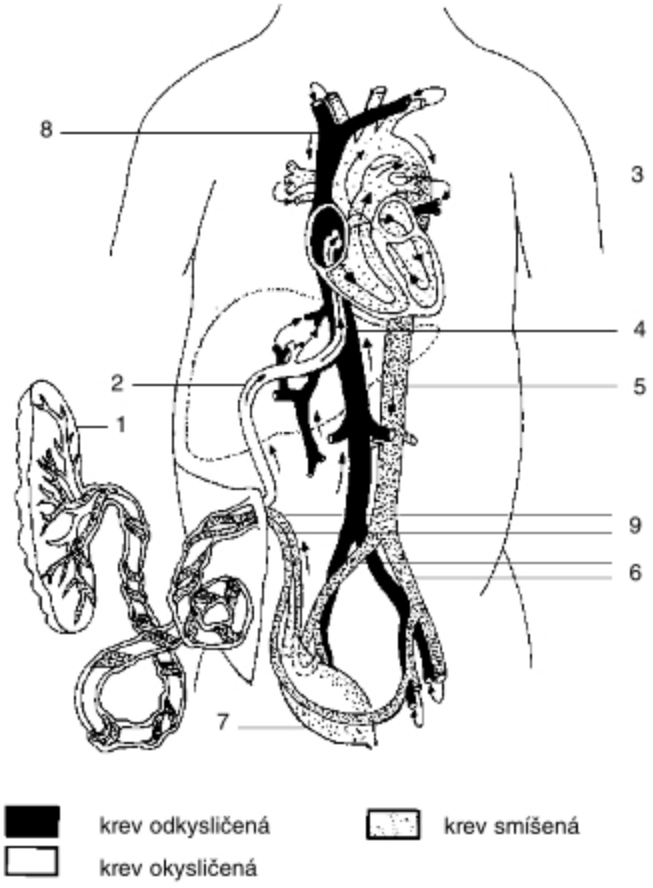
Placenta tvoří také ochrannou bariéru mezi organismem matky a plodu. Existuje však řada léků a potenciálně škodlivých látek *(alkohol, nikotin aj.)*, které při požití matkou v těhotenství mohou placentou pronikat a embryo či plod poškozovat. Placenta produkuje též hormony, zabezpečující úspěšný průběh těhotenství.



Zárodek ve stáří asi 26 dní
1 – amnion, 2 – základ horní končetiny, 3 – chorion, 4 – základ dolní končetiny, 5 – žloutkový váček, 6 – placenta, 7 – základ oka, 8 – sliznice děložní

Protože příjem kyslíku a výdej oxidu uhličitého se v době nitroděložního života plodu uskutečňuje placentou, má krevní oběh plodu některé odlišnosti. Plodová krev přitéká do placenty dvěma pupečníkovými tepnami. Po okysličení přitéká do plodu zpět pupeční žílou, která část krve odevzdává do jater plodu, větší část přivádí do dolní duté žíly, jež vede do pravé předsíně srdeční. Do pravé předsíně přitéká krev z horní a z dolní duté žíly. Krev z horní duté žíly je kyslíkem chudá; dostává se z předsíně do pravé komory a z ní plicní tepnou do plic. Krev přitékající z dolní duté žíly je smíšená: kromě okysličené krve z pupeční žíly sem přichází odkysličená krev z dolní poloviny těla. Tato smíšená krev prochází z pravé předsíně **oválným otvorem** v předsíňové přepážce do levé předsíně, dále do levé komory a odtud do aorty. Tato krev proudí z aorty

krkavicemi do hlavy a podklíčkovými tepnami do horních končetin. Plicní tepna je však u plodu spojena s aortou **tepennou spojkou** *(nazývanou též **Botallova dučej**)*, a to za odstupem levé podklíčkové tepny. Protože plicní tepnou protéká krev kyslíkem chudá, je v sestupné aortě krev kyslíkem chudší než v oblouku aorty nad tepennou spojkou. Sestupná aorta se větví na tepny kyčelní, z nichž pak vycházejí tepny pupečníkové.



Krevní oběh plodu
1 – placenta, 2 – pupeční žíla, 3 – Botallova dučej, 4 – dolní dutá žíla, 5 – sestupná část aorty, 6 – tepny kyčelní, 7 – močový měchýř, 8 – horní dutá žíla, 9 – pupečníkové tepny

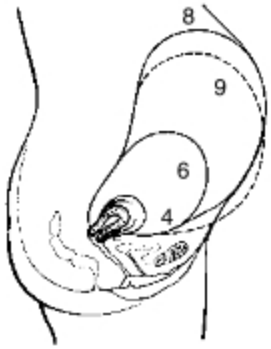
Po narození dochází ke změnám v oběhu krve. Podvázáním pupečníku přestává průtok krve placentou. Prvními vdechy novorozence se průtok krve plícemi zvětší a krev se začíná sytit kyslíkem. Tepenná spojka *(Botallova dučej)* se zúží a zavírá a rovněž oválný otvor mezi předsíněmi se zužuje a uzavírá. Míšení krve se tím skončí. Oběh plicní a oběh tělní jsou odděleny.

S vývojem plodu se vyvíjí i děložní svalstvo. Objem dutiny děložní se v průběhu těhotenství zvětší z 5 cm^3 asi na 7 dm^3.

Hmotnost matky se zvětší asi o 12–15 kg. Matčin organismus se těhotenství dokonale přizpůsobuje *(zvyšuje se výkon oběhové soustavy, funkce všech orgánů, mění se sekrece hormonů).*

Těhotenství je ukončeno porodem. Ten začíná puknutím plodových blan a odtokem plodové vody. Plod je z dělohy vytlačen stahy děložního svalstva za spolupůsobení bránice a břišního svalstva. Celková porodní činnost trvá 8 až 12 hodin. Po otevření děložního hrdla hlavičkou dítěte je vypuzení plodu již rychlé. Asi 20 až 40 minut po porodu plodu je stahy dělohy vypuzena i placenta a zbytky plodových obalů.

Za 2 až 3 hodiny po porodu povolují kontrakce a matka je ohrožena krvácením *(asi 300 až 400 ml)*. Porod je řízen autonomním nervstvem a látkově. Následuje období **šestinedělí**, ve kterém se organismus ženy vrací do původního stavu.



Zvětšení objemu dělohy v průběhu těhotenství
Obrázek znázorňuje velikost dělohy ve 2, 4., 6., 8. a 9. měsíci těhotenství.

Plod starý 5 měsíců se v děloze pohybuje celkem volně.

Porod
Hrdlo děložní, pochva i svalstvo pánevní se značně roztáhne. Většina dětí se rodí hlavičkou dopředu. Po průchodu hlavičky další část těla plodu již vyjde rychle.

❑ Nejrozšířenějšími **POHLAVNÍMI CHOROBAMI** jsou kapavka a příjice.

• **Kapavka** *(gonorrhoea)* je onemocnění bakteriálního původu. Projevuje se zánětem močové trubice, nepříjemným pocitem při močení a hnisavým výtokem, který se objevuje do 10 dní po infekci. Léčí se antibiotiky, případně sulfonamidy.

• **Příjice, syfilis** *(lues)* je také onemocnění bakteriálního původu. Původcem je bakterie *(Treponema pallidum)*. Kromě pohlavního styku se může člověk nakazit i pokožkou v místě poranění. Prvním příznakem onemocnění je nebolestivý vřed *(2 až 3 týdny po infekci)* vyskytující se v místě infekce. Neléčené onemocnění v dalším stadiu vývoje poškozuje mozek a míchu. U zhruba 30 % neléčených případů vznikají těžké stavy spojené s ochrnutím, šílenstvím, slepotou a končí smrtí. Podobně jako kapavku lze léčit časné stadium příjice vhodnými antibiotiky.

❑ VÝVOJ PO NAROZENÍ *(postnatální vývoj)*

lze rozdělit do několika období:

– **Novorozenecké období** začíná narozením a trvá asi do zhojení pupeční jizvy.

– **Kojenecké období** do prořezání prvních zoubků.

– **Batoletské období** spadá do rozmezí 1. až 3. roku věku. Rozvíjejí se psychické a motorické funkce. Dítě začíná mluvit, učí se základním hygienickým návykům.

– **Předškolní věk** je charakterizován zdokonalováním řeči a utvářením povahových vlastností. Dochází ke změně postavy. Dítě se začleňuje do kolektivu.

– **Mladší školní věk** trvá do 11. roku věku. Roste trvalý chrup. Jde o bezproblémové období, dítě se učí *(chce se učit a poznávat)*.

– **Dospívání** začíná pubertou. Dochází k vývoji sekundárních pohlavních znaků a ke druhé změně postavy.

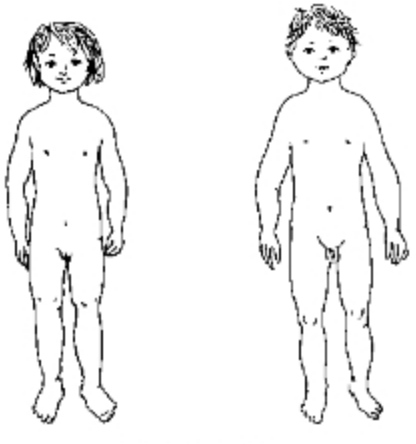
– **Dospělost** začíná po dosažení pohlavní zralosti dorosteneckým věkem od 15–18 let.

– **Stárnutí** začíná různě, je individuální. Spočívá v ochabování jednotlivých funkčních soustav, klesá fyzická i psychická výkonnost.

– **Smrt** ukončuje život. Zastaví se nevratně důležité životní funkce.

Kojenecké období

Batoletské obbdobí



Předškolní věk

❑ ZDRAVÍ ČLOVĚKA

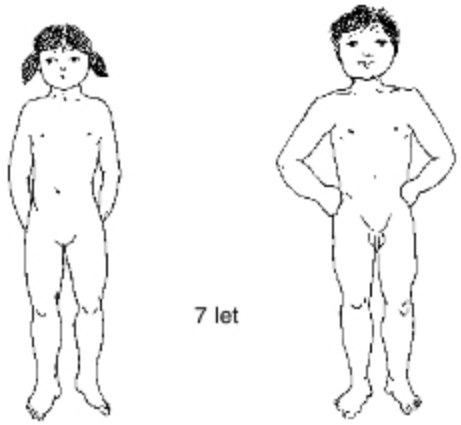
je základním předpokladem, aby člověk mohl prožít život plně a uplatnit své schopnosti. Péče o zdraví je nejen v zájmu jednotlivce, ale celé společnosti.

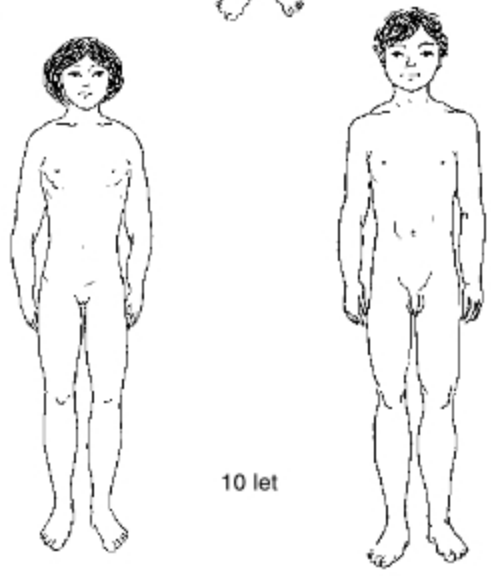
Pro zdraví člověka mají zásadní význam:

- Správná výživa.
- Režim práce a odpočinku:
  - fyziologické uspořádání práce,
  - vhodné pracovní prostředí,
  - zdravý spánek,
  - cílevědomá a organizovaná práce,
  - tělesná aktivita.
- Hodnotné mezilidské vztahy.

Zdraví poškozují:

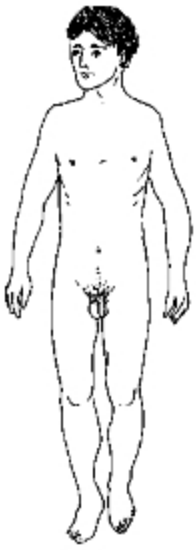
- Toxikománie *(alkoholismus, kouření, drogy)*.
- Psychogenní faktory *(spěch, pracovní přepětí, hluk, strach z nemoci)*.
- Otravy a úrazy.
- Znečištěné životní prostředí.
- Promiskuita a s ní spojené šíření pohlavních chorob a AIDS.



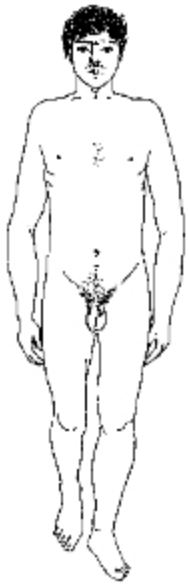


Mladší školní věk

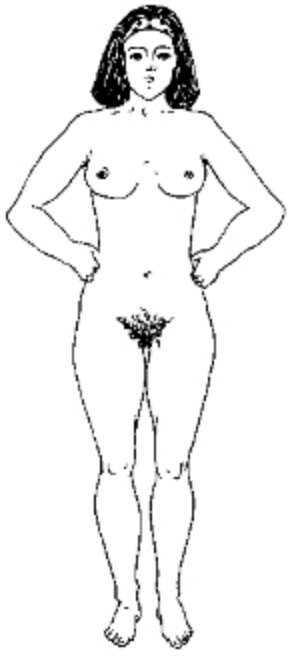
13 let



15 let



Dospívání



18 let

35 let

Dospělost

nad 55 let

Stárnutí

nad 65 let

Stáří

ÚVOD DO STUDIA OBECNÉ GENETIKY

GENETIKA

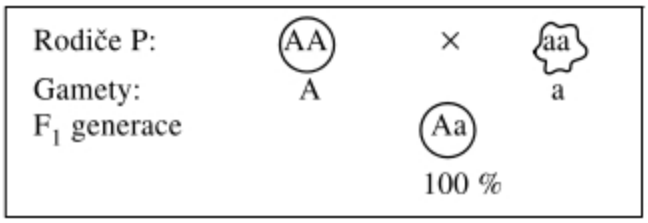
je biologická věda zabývající se zkoumáním zákonitostí dědičnosti a proměnlivosti organismů. Podstata **dědičnosti** *(heredity)* a **proměnlivosti** *(variability)* organismů souvisí s jejich schopností rozmnožovat se. **Rozmnožování** *(reprodukce)* je schopnost organismů vytvářet nové generace organismů s týmiž druhovými vlastnostmi, jako mají organismy rodičovské. Organismy se mohou rozmnožovat:

- **nepohlavně** *(asexuálně)* – při tomto rozmnožování vzniká nový jedinec z jediné původní buňky *(bakterie, sinice, jednobuněčné řasy, kvasinky, prvoci)*, z části tkáně nebo orgánu. Generace vzniklé nepohlavním rozmnožováním se nazývají **klony** a způsob jejich rozmnožování **klonování**;
- **pohlavně** *(sexuálně)* – při tomto rozmnožování vzniká nový jedinec splynutím haploidních pohlavních buněk *(gamet)*, z nichž jedna vzniká v zárodečné tkáni samčího organismu, druhá v zárodečné tkáni samičího organismu. Generace vzniklé pohlavním rozmnožováním se označují jako **potomstvo**.

Pohlavní rozmnožování dvou vybraných jedinců se označuje jako **křížení** *(hybridizace)*. Křížení je základní metodou genetického výzkumu a také základní **šlechtitelskou metodou**.

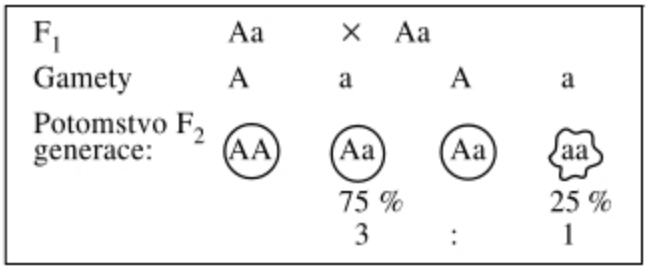
❑ Zakladatelem genetiky je **Johann Gregor Mendel** *(1822 až 1884; stručný životopis viz doplněk str. 324)*. Mendel po 10 let prováděl pokusy a sledoval výsledky genetických křížení mezi odrůdami hrachu setého *(Pisum sativum)*, lišících se v jednoznačně definovaných vlastnostech, jako např. barva květů *(červená – bílá)*, barva semen *(žlutá – zelená)*, tvar semen *(kulatý – svraštělý)*, tvar lusků *(hladký – zaškrcovaný)*, délka stonku *(krátký – dlouhý)* aj. Výsledky pokusů s více než 33 tisíci rostlinami zpracoval statisticky a v matematických termínech vyjádřil **základní pravidla dědičnosti**: zákon o štěpení znaků a zákon o nezávislém sdružování znaků, které byly později označeny jako **Mendelovy zákony dědičnosti** *(viz dále)*.

Při křížení mezi **rodiči** (P) lišícími se v jednom znaku *(např. v barvě nebo tvaru semen)* celé **potomstvo** (F_1) vzniklé tímto křížením mělo vzhled jednoho z rodičů. Například křížením hrachu s kulatými semeny s hrachem se svraštělými semeny vzniklo potomstvo, které mělo semena kulatá. Znak, jenž se v potomstvu (F_1) projevil, označil Mendel jako **dominantní**, zatímco druhý, který se v potomstvu (F_1) neprojevil, označil za **recesivní**.



Mendel dále provedl genetická křížení mezi rostlinami generace F_1. Nejdůležitějším výsledkem těchto křížení bylo znovuobjevení recesivního znaku, a to u přibližně 25 % potomků, zatímco dominantní znak se projevil u 75 % potomků.

Schéma křížení mezi rostlinami generace F_1:

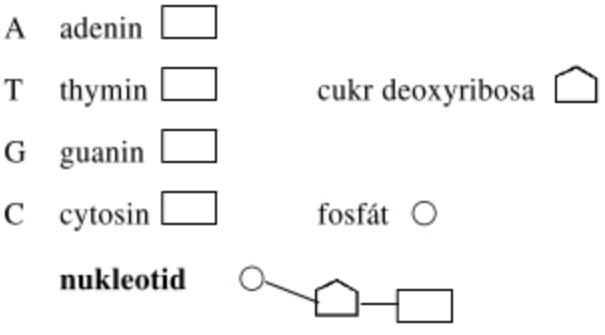


Mendel podal správné vysvětlení svých výsledků: „Různé znaky jsou řízeny faktory“ *(dnes nazývanými **geny**)*. Gen se však může vyskytnout v populaci v různých formách – **alelách**. V tělesné buňce diploidního organismu je každý gen zastoupen dvěma alelami, z nichž jedna pochází ze samčího organismu, druhá ze samičího. Pohlavní buňky – **gamety** *(vzniklé meiózou z diploidních buněk)* nesou po jedné alele.

MOLEKULÁRNÍ ZÁKLADY DĚDIČNOSTI

❑ Nositelkami genetické informace jsou **nukleové kyseliny**. U většiny organismů je nositelkou genetických informací **kyselina deoxyribonukleová** DNA, u RNA-virů **kyselina ribonukleová** RNA. Nukleové kyseliny jsou polymerní, tj. vysokomolekulární látky, jejichž základními stavebními jednotkami jsou **nukleotidy**. *(Složení a struktura nukleových kyselin viz doplněk str. 325)*. Nukleotid vznikne spojením organické báze, pětiuhlíkatého cukru a kyseliny trihydrogenfosforečné *(fosfátu)*.

V makromolekule DNA se nacházejí v nukleotidech čtyři druhy bází:



Jednotlivé nukleotidy jsou spojeny prostřednictvím fosfátů do polynukleotidového řetězce. Molekula DNA je tvořena dvěma polynukleotidovými řetězci, které se spolu stáčejí jako pravotočivá **dvoušroubovice**. Obě vlákna jsou protiběžně navzájem k sobě poutána vodíkovými vazbami mezi bázemi. Mezi adeninem a thyminem mohou vzniknout 2 vodíkové vazby, mezi guaninem a cytosinem 3 vodíkové vazby. Proto se spolu vážou vždy adenin s thyminem a guanin s cytosinem. Říkáme, že tyto dvojice bází jsou **komplementární**; jev se označuje jako **komplementarita bází**. Ta je podstatou genetického kódování.

Pořadí nukleotidů v polynukleotidovém řetězci, tzv. **primární struktura**, má zásadní význam pro přenos genetické informace.

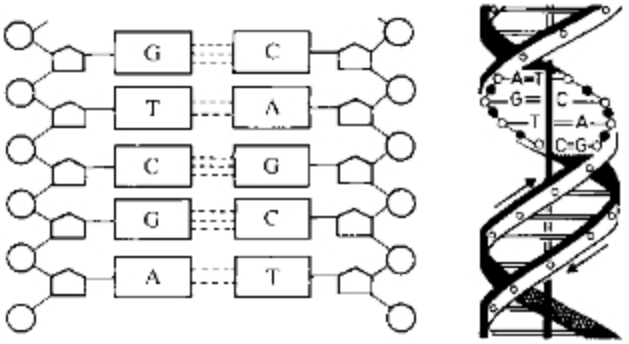


Schéma části dvoušroubovice DNA

Významnou vlastností molekuly DNA je její schopnost **replikace** *(samozdvojení)*. Účinkem enzymu **helikázy** dochází nejdříve ke zrušení vodíkových vazeb mezi bázemi. Rozvolněné polynukleotidové řetězce slouží jako **matrice** *(vzory)* k přiřazování volných komplementárních nukleotidů za katalytického působení **DNA-polymerázy**. Vznikají tak dvě dceřiné dvouřetězcové molekuly DNA, ve kterých vždy jeden řetězec pochází z původní mateřské makromolekuly DNA *(podrobněji viz doplněk str. 334)*.

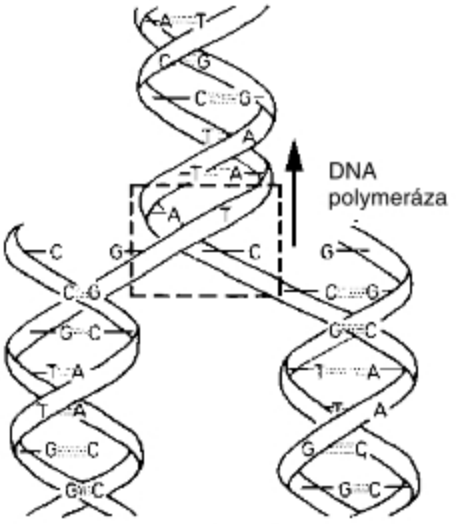


Schéma replikace DNA

Ribonukleových kyselin je více typů. Jejich makromolekuly obsahují čtyři druhy bází. Tři báze jsou stejné jako u DNA (A, G, C) a místo thyminu obsahují uracil (U). Dále obsahují cukr ribosu a fosfát. Makromolekuly RNA jsou lineární, většinou jednovláknové, mnohem menší než molekuly DNA *(jsou tvořeny většinou několika desítkami až stovkami nukleotidů)*. Rozlišujeme tři hlavní typy ribonukleových kyselin: **ribosomální rRNA**, **mediátorovou mRNA**, **transferovou tRNA**.

První nukleotid	Druhý nukleotid: U	Druhý nukleotid: C	Druhý nukleotid: A	Druhý nukleotid: G	Třetí nukleotid
U	UUU, UUC: fenylalanin UUA, UUG: leucin	UCU, UCC, UCA, UCG: serin	UAU, UAC: tyrosin UAA: beze smyslu UAG: beze smyslu	UGU, UGC: cystein UGA: tryptofan UGG: beze smyslu	U, C, A, G
C	CUU, CUC, CUA, CUG: leucin	CCU, CCC, CCA, CCG: prolin	CAU, CAC: histidin CAA, CAG: glutamin	CGU, CGC, CGA, CGG: arginin	U, C, A, G
A	AUU, AUC, AUA: izoleucin AUG: metionin	ACU, ACC, ACA, ACG: treonin	AAU, AAC: asparagin AAA, AAG: lysin	AGU, AGC: serin AGA, AGG: arginin	U, C, A, G
G	GUU, GUC, GUA, GUG: valin	GCU, GCC, GCA, GCG: alanin	GAU, GAC: kyselina asparagová GAA, GAG: kyselina glutamová	GGU, GGC, GGA, GGG: glycin	U, C, A, G

Přehled kodonů v molekule mRNA a jimi kódovaných aminokyselin

❑ GENETICKÝ KÓD

představuje uložení **genetické informace** v primární struktuře nukleových kyselin. V jednom vlákně makromolekuly DNA může být za sebou uloženo více genů. Bylo zjištěno, že každá z 20 druhů aminokyselin, ze kterých se v buňkách syntetizují bílkoviny, je kódována třemi po sobě následujícími bázemi, tzv. **tripletem**, označovaným jako **kodon**. Protože organické báze jsou čtyři, jejich vzájemnými kombinacemi může vzniknout.

$$4^3 = 64 \text{ kodonů.}$$

Jelikož proteinogenních aminokyselin je 20, může být jedna a táž aminokyselina kódována i několika různými kodony. Říkáme, že **genetický kód je degenerovaný**. *(Přehled proteinogenních aminokyselin viz doplněk str. 327).*

(Přehled kodonů a kodonových aminokyselin viz tabulka str. 299.)

❑ GEN *(vloha)*

jako jednotka odpovědná za vznik dědičné vlastnosti je z hlediska molekulární biologie **úsekem makromolekuly DNA, která svým pořadím nukleotidů určuje pořadí aminokyselin v určité bílkovině nebo pořadí nukleotidů v molekulách RNA**. Rozlišujeme tři základní typy genů:

– **Geny strukturní**, obsahující informaci pro syntézu jediné molekuly polypeptidu.

– **Geny regulátorové** uplatňující se při řízení genů strukturních.

– **Geny pro RNA**, kódující pořadí nukleotidů v makromolekulách rRNA a tRNA, tedy v těch molekulách RNA, které nepřenášejí svou genetickou informaci dále do struktury polypeptidických řetězců.

V každé buňce je většina genů uložena v chromozomech jádra, tzv. **jaderný genom**, a jen menší část genů je uložena mimo jádro, tzv. **mimojaderné geny**, v plazmidech u bakterií, v plastidech a mitochondriích eukaryotických buněk.

❑ PŘENOS GENU

z eukaryotické mateřské buňky do buněk dceřiných při mitóze je zabezpečen **replikací** *(zdvojením)* molekuly DNA.

U RNA-virů při jejich rozmnožování replikací RNA. Vzniklé repliky obsahují přesně tytéž geny *(jejich alely)*, jaké měla výchozí molekula nukleové kyseliny.

❑ EXPRESE GENU

je vyjádření genetické informace, uložené v makromolekule DNA do fenotypového znaku organismu. Na molekulové úrovni se uskutečňuje ve dvou stupních: **transkripci** a **translaci**.

❑ TRANSKRIPCE *(přepis)* GENU

částečně připomíná replikaci DNA. V místě uložení příslušné genetické informace se obě vlákna dočasně od sebe uvolní *(působením RNA-polymerázy)*, aby jedno z nich posloužilo jako **matrice**, k níž se podle komplementarity bází vytváří molekula mRNA. Hotové vlákno mRNA se z matrice DNA uvolní, vycestuje z jádra a připojí se k ribozomu.

❑ TRANSLACE GENU

je překlad genetické informace z pořadí nukleotidů mRNA do pořadí aminokyselin v polypeptidickém řetězci, tzn. do primární struktury polypeptidu *(viz obr. schéma proteosyntézy).*

Ke **kodonům** mRNA se svými **antikodony** *(viz doplněk str. 326)* napojují molekuly tRNA, nesoucí na opačném konci jednotlivé aminokyseliny. Vytvořením peptidických vazeb mezi aminokyselinami zaniknou vazby mezi kodony a antikodony a molekuly tRNA se uvolní do cytoplazmy.

Na ribozomech se tedy vážou aminokyseliny do polypeptidického řetězce s primární strukturou, která je určena primární strukturou mRNA. Tento pochod se nazývá translace genu.

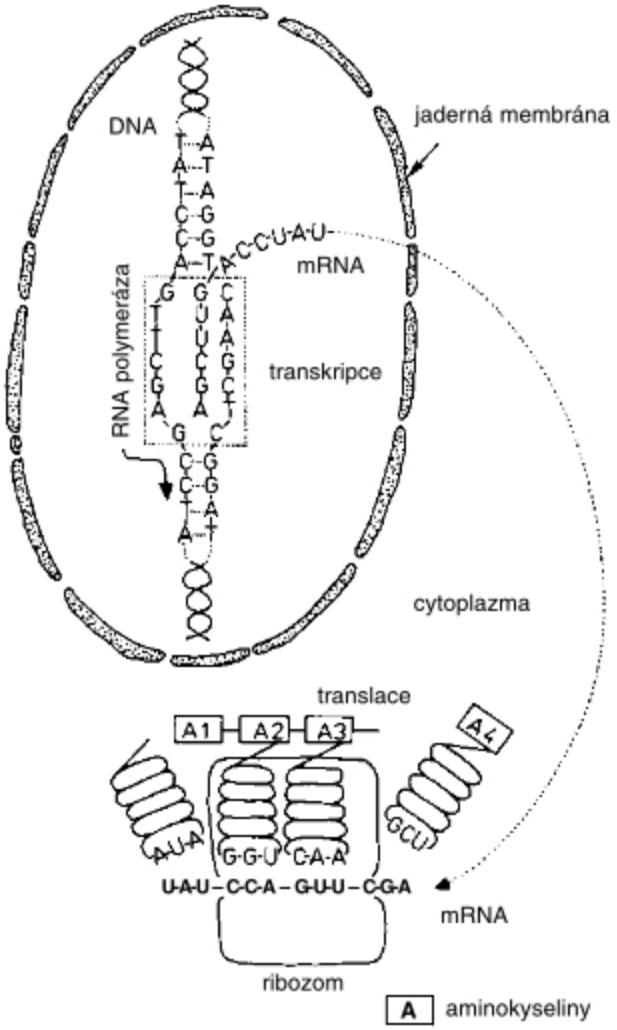


Schéma proteosyntézy

❑ Zatímco v prokaryotické DNA tvoří informaci pro syntézu polypeptidického řetězce jeden souvislý úsek makromolekuly DNA *(gen)*, u eukaryotické DNA je gen rozdělen do několika úseků – **exonů** navzájem oddělených úseky – **introny**.

Funkcí intronů není pravděpodobně kódování informace o pořadí aminokyselin v polypeptidickém řetězci. RNA, která vznikne v jádře přepisem *(transkripcí)* takto uspořádaného genu, se ještě v jádře upraví „vystřižením" intronů a přemění se tak na funkční mRNA, která póry v jaderné membráně vycestuje do cytoplazmy. Toto tzv. mozaikové uspořádání má zřejmě význam pro evoluci. Geny nových vlastností mohou vznikat pravděpodobně nejen mutacemi *(viz str. 307)*, ale také kombinacemi exonů. *(Schéma přepisu genu eukaryotické DNA viz obrázek).*

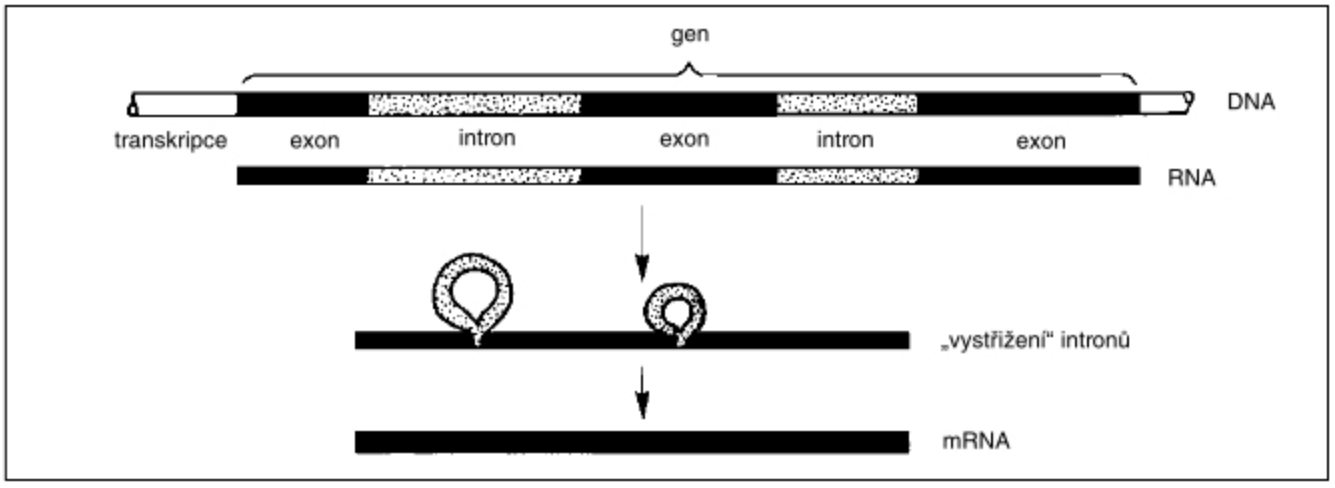


Schéma přepisu *(transkripce)* **eukaryotické DNA**

GENETIKA PROKARYOTICKÉ BUŇKY

Prokaryotická buňka nemá typické jádro. Jadernou hmotu ***(nukleoid)*** představuje jediná do kruhu uzavřená makromolekula DNA. Označuje se jako **chromozom**, ačkoliv na rozdíl od chromozomu eukaryotické buňky má jednoduchou stavbu *(nepodílejí se na ní bílkoviny)* a **mitoticky se nedělí**. V přesně vymezených místech, v řadě za sebou na něm leží jednotlivé geny. Protože chromozom je jen jeden, je každý **gen tvořen jednou alelou**. Nejlépe prozkoumaným je chromozom střevní bakterie *Escherichia coli.* Obsahuje asi 4500 genů, dnes většinou známých, seřazených do chromozomové mapy. V tomto chromozomu je známo několik souvislých řad genů, které se nazývají operony. **Operon** je tvořen **promotorem**, **operačním genem** a jemu podřízenými **strukturními geny**. Promotor je oblast operonu, v níž je zahajována syntéza mRNA. K promotoru se váže RNA-polymeráza zahajující přepis *(transkripci)* oddělením vláken dvoušroubovice DNA od sebe. Celý operon se přepisuje do jednoho vlákna mRNA. Geny jednoho operonu kódují enzymy zabezpečující určitý metabolický řetězec. Přepis operonu je řízen **regulačním genem**. Ten zahajuje i zastavuje přepis operonu do mRNA v závislosti na přítomnosti látek, které se označují jako **induktor** a **represor**. Jako **induktor** působí molekuly substrátu, které jsou přeměňované enzymy *(syntetizovanými podle kódu operonu)* na molekuly produktu. Molekuly produktu působí jako **korepresor**.

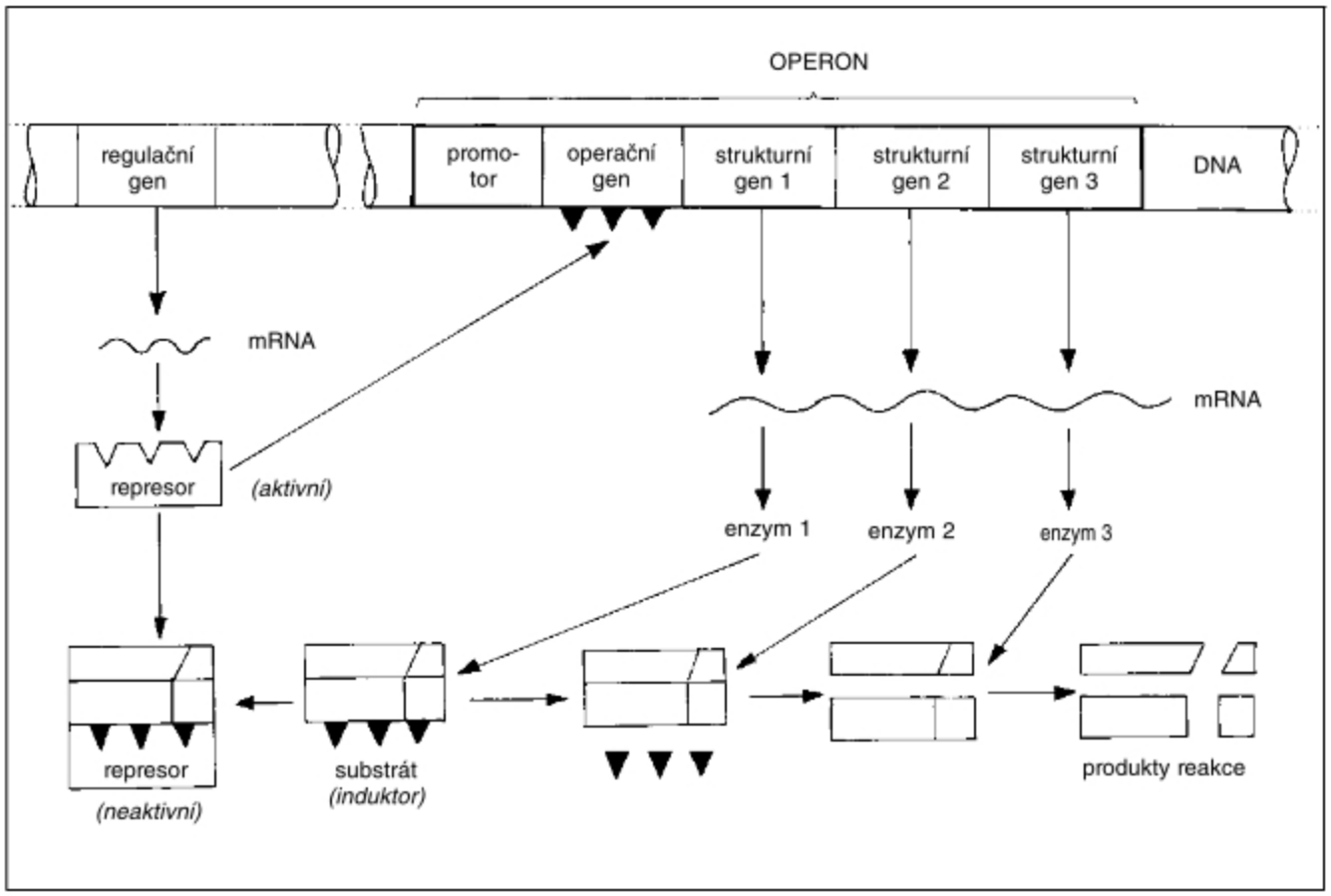
❑ REGULAČNÍ GEN

řídí produkci represoru. Ten se váže na operační gen a operon je *(pak)* uzavřený. Je-li však přítomen induktor *(molekuly substrátu)*, reaguje přednostně s represorem na komplex represor-induktor, operační gen je otevřený a strukturní geny produkují enzymy přeměňující molekuly substrátu. Jakmile jsou všechny přeměněny na produkt, dochází opět k uzavření operonu *(viz obr. Indukce syntézy enzymů . 302).*

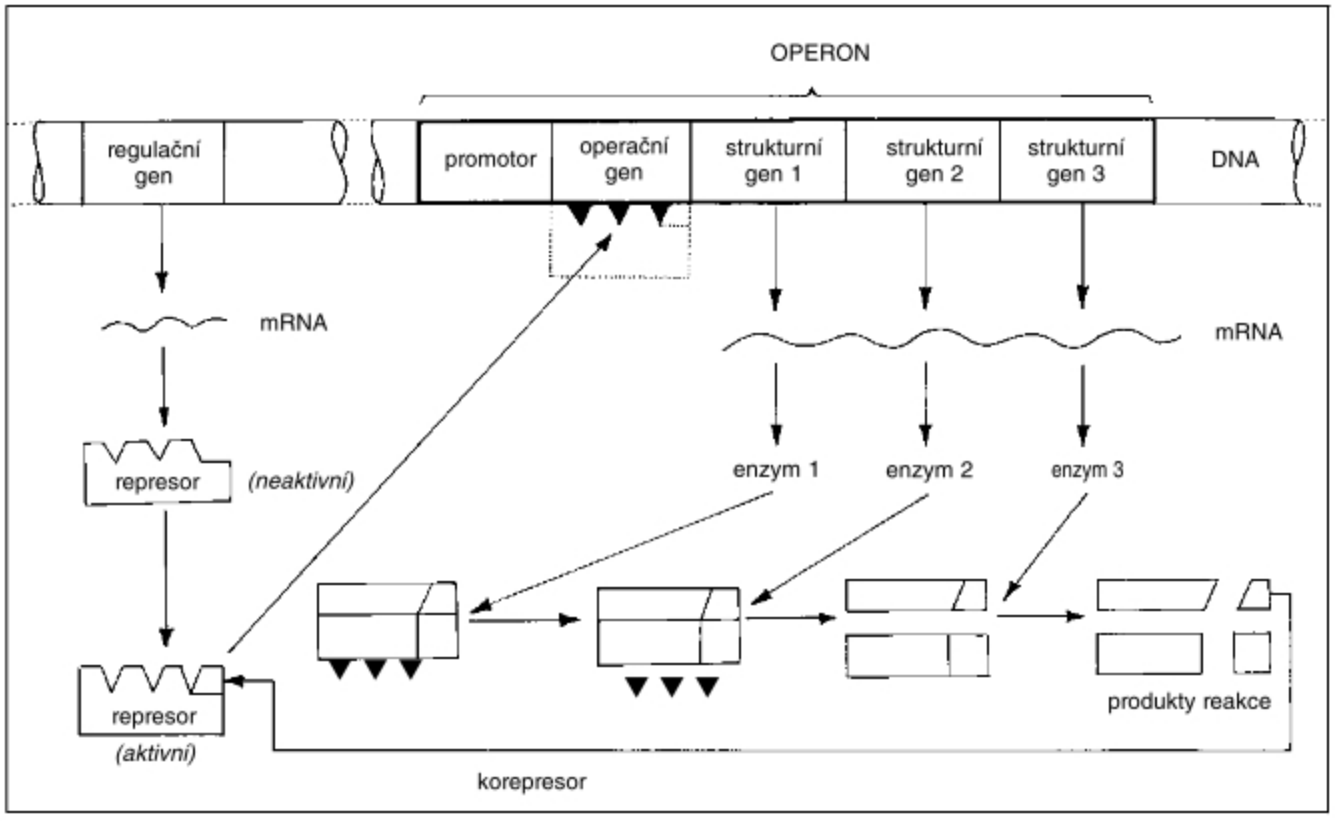
V jiných případech může regulační gen řídit produkci neaktivní formy represoru. Teprve připojením korepresoru *(což je některý z produktů enzymatické reakce)* se přeměňuje na aktivní formu represoru schopnou připojení na operační gen. Tím dojde k uzavření operačního genu a k zastavení syntézy enzymů *(viz obr. Represe syntézy enzymů str. 302).*

❑ PLAZMIDY

jsou menší kruhové molekuly DNA v cytoplazmě buněk bakterií, existující ve více kopiích *(10 až 50)*, nesoucích jeden nebo několik genů. Replikují se nezávisle na hlavním chromozomu. Jsou velmi proměnlivé, do jejich struktury se snadno začleňují *(a z ní opět vyčleňují)* jiné geny. Mohou se začleňovat do hlavního chromozomu a stejně snadno se z něho vyčleňovat. Některé lze snadno přenášet do cytoplazmy jiných bakterií, jež je dosud neobsahovaly. Plazmidy obsahují např. geny podmiňující **rezistenci** bakterií vůči antibiotikům, obsahují také i geny, které rozhodují o **patogenitě** bakterií apod. Z těchto důvodů jsou v popředí zájmu genetického výzkumu. Manipulace s plazmidy jsou předmětem zkoumání **genového inženýrství**.



Indukce syntézy enzymů



Represe syntézy enzymů

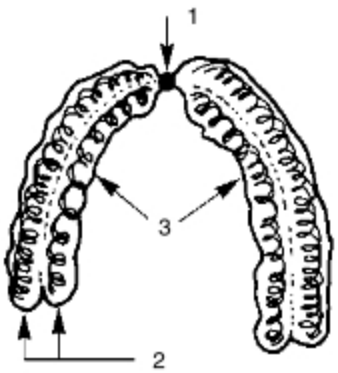
GENETIKA EUKARYOTICKÉ BUŇKY

❑ JADERNÝ GENOM

eukaryotické buňky je rozdělen do určitého počtu jednotlivých chromozomů. Na jejich stavbě se kromě DNA podílejí bílkoviny *(histony)*. Počet a tvar chromozomů jsou pro každý druh organismů charakteristické a konstantní. V jádře tělní *(somatické)* buňky jsou vždy dvojice zcela stejné, mající stejný tvar, velikost a obsahující stejné geny *(nemusí však mít alely stejné kvality)*. Označují se jako **homologické chromozomy**. Jeden pochází ze samčí pohlavní buňky, druhý ze samičí pohlavní buňky. Jádra pohlavních buněk tedy obsahují jednoduchou – **haploidní sadu** (n) chromozomů; jádro zygoty a jádra tělních buněk vzniklých dělením zygoty obsahují dvojnásobnou – **diploidní sadu** (2n) chromozomů.

Organismus	Počet chromozomů	
	2n	n
brambor	48	24
hrách	14	7
kukuřice	20	10
rajče	24	12
kůň	64	32
kapr	104	52
člověk	46	23

Chromozom pozorovatelný v profázi nebo metafázi mitózy je tvořen dvěma podélnými **chromatidami** *(sesterskými chromatidami)* a má obvykle dvě ramena spojená **centromerou**.



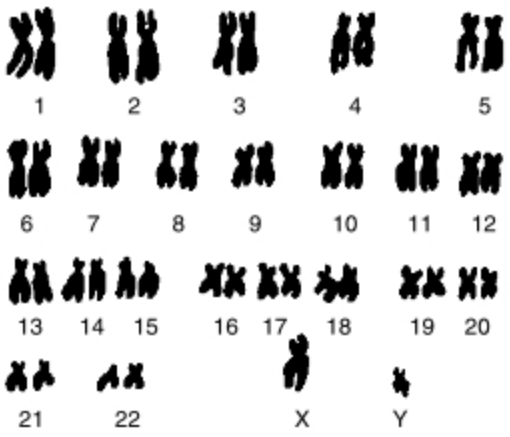
Chromozom
1 – centromera
2 – chromatidy
3 – ramena chromozomu

Soubor chromozomů v jádře buňky *(chromozomové vybavení buňky)* se nazývá **karyotyp**.

Geny jsou v chromozomech uloženy lineárně za sebou. Každý gen má na chromozomu své místo – **lokus**. Vzdálenost mezi geny se udává v jednotkách – **morganech**. Umístění genů na chromozomu *(lokusy)* udávají **chromozomové mapy**.

V týchž lokusech jsou vždy tytéž geny, a to buď ve formě alel stejné, nebo různé kvality.

Každá buňka obsahuje tedy kompletní genovou výbavu, která je prostřednictvím chromozomů předávána dceřiným buňkám. Soubor chromozomových genů se při **nepřímém jaderném dělení** *(mitóze)* předává nezměněný. Dceřiné buňky obsahují genom utvářený z genomu buňky rodičovské.



Karyotyp člověka *(muže)*

Schéma chromozomového páru
V týchž lokusech jsou vždy tytéž geny, a to buď ve formě alel stejné, nebo různé kvality.

❑ SEGREGACE A REKOMBINACE CHROMOZOMŮ *(ALEL)*

Při pohlavním rozmnožování tvoří samčí a samičí jedinci specializované pohlavní buňky *(gamety)* v zárodečné tkáni svých pohlavních orgánů, tzv. **gametogenezí**. Podstatou gemetogeneze je **redukční jaderné dělení** *(meiosis)*. Při něm dochází k rozchodu homologických párů chromozomů do vznikajících pohlavních buněk. Rozchod chromozomů *(alel)* se nazývá **segregace**. Při meioze dochází také k procesu crossing-over, při němž si homologické chromozomy vymění části svých chromatid s alelami v nich umístěnými. Tímto pochodem se uskutečňuje **rekombinace vloh**.

DĚDIČNOST MNOHOBUNĚČNÉHO ORGANISMU

Jedinec, který vzniká **nepohlavním rozmnožováním**, je z genetického hlediska přímým pokračovatelem rodičovského organismu. Získává a udržuje si beze změny obě jeho chromozomové sady, tedy i alely, které jsou v nich uloženy. Nový jedinec se genotypově shoduje s rodičovským organismem.

Jedinec, který vzniká **pohlavním rozmnožováním**, není z genetického hlediska přímým pokračovatelem ani jednoho z rodičovských organismů. Od obou se genotypově i fenotypově odlišuje. Je to způsobeno tím, že se při pohlavním rozmnožování spo-

jují haploidní sady dvou gamet, které mají v mnoha svých lokusech různé alely svých genů. Genotyp potomka je sice složen pouze z alel, které mají jeho rodiče, ale v nové kombinaci. **Pohlavní rozmnožování je tedy vývojově vyšší než rozmnožování nepohlavní. Zajišťuje různorodost a proměnlivost jedinců daného druhu**, která je výhodná v měnících se podmínkách prostředí.

❑ ZNAKY *(FENOTYP)* ORGANISMU

Jednotlivé vlastnosti organismů se označují jako **znaky**. Rozlišujeme:

- **Znaky morfologické** *(tvar a velikost těla, tvar a velikost jeho orgánů).*
- **Znaky funkční**, dané mírou schopnosti vyvíjet biologickou aktivitu. U člověka rozlišujeme též **znaky psychické** *(temperament, nadání, inteligenci).*

Některé znaky se mohou vyskytovat v různých kvalitách: např. barva květů, barva vlasů, krevní skupiny apod. Označují se jako **znaky kvalitativní**.

Jiné znaky se mohou lišit mírou svého vyjádření *(velikost plodů, tělesná výška, hmotnost apod.)*. Lze je měřit a vyjadřovat v příslušných jednotkách. Označují se jako **znaky kvantitativní**.

Soubor všech kvalitativních a kvantitativních znaků určitého organismu se označuje jako jeho **fenotyp**. Z rodičů se na potomky nepřenášejí hotové znaky, ale jen jejich hmotné molekulární předpoklady – **vlohy** neboli **geny**. Gen, jak již víme, je úsek makromolekuly DNA, obsahující informaci pro vznik určitého znaku. Pro jeho vznik je často zapotřebí působení určitého činitele prostředí. Lze tedy psát:

gen + činitelé prostředí = znak

❑ DĚDIČNOST KVALITATIVNÍCH ZNAKŮ

Kvalitativní znaky organismů jsou obvykle podmiňovány jedním genem. Znak podmíněný jediným genem *(genem velkého účinku)* se označuje jako **monogenní znak**.

❑ MONOHYBRIDNÍ KŘÍŽENÍ S ÚPLNOU DOMINANCÍ

Sleduje se při něm jeden znak, monogenně podmíněný. Gen je tvořen párem alel A/a. Příkladem může být genetické křížení hrachu setého s kulatými svraštělými semeny *(viz str. 298)*.

❑ MONOHYBRIDNÍ KŘÍŽENÍ S NEÚPLNOU DOMINANCÍ

U mnoha alelových párů se neprojevuje úplná dominance jedné a recesivita druhé alely, takže vzniklý heterozygot není fenotypově shodný s žádným s rodičů. Tento vztah, kdy žádná z rozdílných alel v heterozygotním genotypu není dominantní a ve fenotypu se projevují funkce obou alel nezávisle na sobě se označuje jako **kodominance**. Alely jsou v intermediárním vzájemném vztahu. Mendel tento případ pozoroval při křížení různých variet rostliny nocenky *(Mirabilis jalapa).*

Pokusný objekt: **nocenka**
Sledovaný znak: **barva květů**

tmavě žlutá, podmíněná alelou a^+

bílá, podmíněná alelou a

Rodiče P: $a^+ a^+ \times aa$ *(homozygoti)*

Gamety: a^+ a

F_1: $a^+ a$ *(heterozygoti)* mají květy světle žluté

Štěpné poměry v F_2 generaci:

F_1: $a^+a \times a^+a$

Gamety: a^+, a a^+, a

Potomstvo F_2:

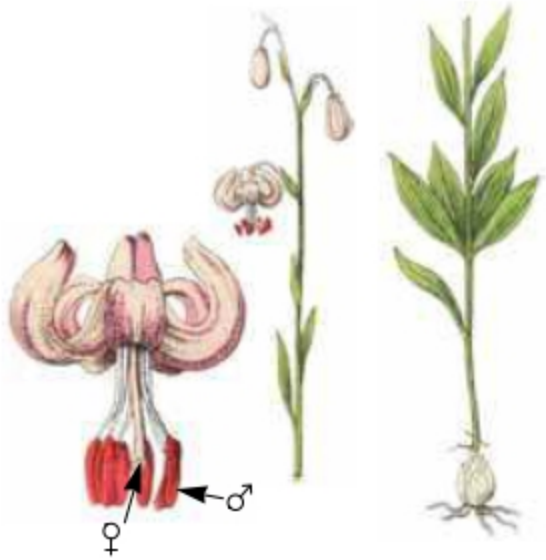
Gamety:	a^+	a
a^+	a^+a^+	a^+a
a	aa^+	aa

1 : 2 : 1 poměry fenotypů i genotypů se při tomto křížení shodují.

OBRAZOVÁ PŘÍLOHA: GENETIKA

OD LINNÉHO KE GENOVÉMU INŽENÝRSTVÍ

V roce 1694 objevil německý botanik **R. J. CAMERARIUS** pohlavnost u rostlin. Tento objev vedl švédského botanika **CARL von LINNÉHO** k vypracování systému klasifikace živé přírody včetně člověka. V r. 1735 vydává svoji zásadní práci SYSTEMA NATURAE. Za základní jednotku považoval druh, jehož jedinci se mezi sebou pohlavně rozmnožují. Zavedl binomické pojmenování druhů, sestávající z rodového a druhového jména. Před zavedením Linného systému se často stávalo, že různí autoři používali různých názvů pro stejnou rostlinu. Linné ve svých stěžejních dílech o rodech GENERA PLANTARUM a druzích rostlin SPECIES PLANTARUM zavedl do panujícího chaosu pořádek. Tehdy se domníval, že v přírodě je tolik druhů, kolik jich bylo na počátku stvořeno. Později se přesvědčil, že nové druhy rostlin mohou vznikat křížením, označovaným jako ***hybridizace***.

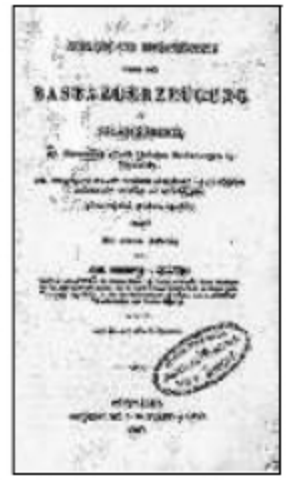


Carl von Linné

Titulní strana SYSTEMA NATURAE

M. SAGERET
V první polovině 19. století, na základě svých hybridizačních pokusů s melouny zavedl termín **„*dominance*“** znaku.

CARL FRIEDRICH GÄRTNER
Zjistil, že první generace F_1 míšenců (*hybridů)* je fenotypově stejná „uniformní“ a nezáleží na tom, zda dominantní znak nese mateřský či otcovský jedinec, že reciproká křížení (♀A x ♂a || ♀a x ♂A) dávají stejný výsledek. Prokázal, že ve druhé filiální generaci F_2 se uniformita hybridů nezachovává, dochází ke štěpení znaků. V roce 1849 zveřejnil rozsáhlou monografii **Bastarderzeugung im Pflanzenreich** *(Pokusy a pozorování vzniku kříženců v rostlinné říši).* S publikovanými výsledky jeho prací byl velmi dobře obeznámen Mendel. Využil je pro výběr sledovaných znaků u variet hrachu *(Pisum).*



Stuttgart K. F. Herring und Comp, 1849

Augustiniánský klášter, jehož opatem byl r. 1868 Mendel zvolen.

Klášterní zahrádka v níž Mendel v letech 1854–1863 prováděl hybridizační pokusy.

JOHANN GREGOR MENDEL

Jako objekt svých brněnských pokusů *(1854 až 1863)* si vybral hrách setý *(Pisum sativum*), mezi jehož rozmanitými odrůdami *(varietami)* existují konstantní párové rozdíly. Důvodem pro výběr byla také skutečnost, že hrách je „samosprašná" rostlina (*rozmnožuje se samooplozením*) a potomstvo se podobá rodičům, pokud nedojde k umělému oplození nebo křížení *(hybridizaci).* Křížil vždy dvě a dvě odrůdy, které se lišily jen v jednom páru znaků. Těchto křížení bylo celkem sedm. Sledované dvojice znaků u rostlin hrachu byly následující:

stonky	**květy**		**lusky**		**semena**	
dlouhé 180 až 210 cm	*úžlabní*	*bílé s nímž je spojeno bílé zbarvení osemení*	*jednoduše klenuté*	*zelené*	*kulatá*	*dělohy žluté*
krátké 22 až 45 cm	*vrcholové*	*červené s nímž je spojeno šedé až hnědé zbarvení osemení*	*zaškrcené, svraštělé*	*žluté*	*svraštělá*	*dělohy zelené*

V jednotlivých párech sledovaných znaků se jako **dominantní** projevily:
dlouhý stonek, úžlabní postavení květů, červená barva květů a s ní spojené šedé až hnědé zbarvení osemení, klenutý tvar lusků, zelené zbarvení lusků, kulatý tvar semen, žluté zbarvení děloh.
U hybridů (*první generace F_1*) se vždy objevil pouze dominantní znak jednoho z obou rodičů. U potomků hybridů (*druhá generace F_2*) získaných přirozeným samoopylením se objevily vedle dominantních znaků i odpovídající znaky recesivní v průměrném poměru 3 dominantní : 1 recesívní.
Mendel prokázal, že každý pár znaků diploidního organismu je geneticky řízen odpovídajícím párem „faktorů" ***(v současné terminologii párem alel)***, které se ve stejném počtu rozcházejí do jeho různých pohlavních buněk – **princip segregace.** Obsahuje-li hybrid více párů rozdílných „faktorů" *(alel),* je rozchod nezávislý pro každý jednotlivý pár – **princip kombinace**.

Mendel svoji vědeckou práci „Versuche über Pflanzen-Hybriden" přednesl a vydal v pojednáních přírodovědného spolku v Brně *(Naturforschender Verein*) v r. 1866. Výtisky byly zaslány do knihoven evropských univerzit. Práce však zapadla, především pro své spojení biologického materiálu s matematikou, což bylo pro Mendelovy současníky nepochopitelné.

Versuche
über
Pflanzen-Hybriden,

Teprve r. 1900 téměř současně **HUGO DE VRIES**, **CARL CORRENS** a **ERICH von TSCHERMAK** při pokusech s různými rostlinami *(kukuřice, mák, durman, hledík, vlaštovičník, pupalka, kohoutek, blín, lilek, rozrazil a j.)* objevili znovu princip segregace a kombinace alel.

H. de Vries

C. Correns

E. von Tschermak

V dalším vývoji genetiky byly Mendelovy zákony ověřeny na nejrůznějších diploidních organismech. Příkladem mohou být barevné variety motýla pavího oka bukového (*Aglia tau L.)* u něhož je tmavé zbarvení *melaina (alela M)* dominantní nad světlým zbarvením *(alela m)*.

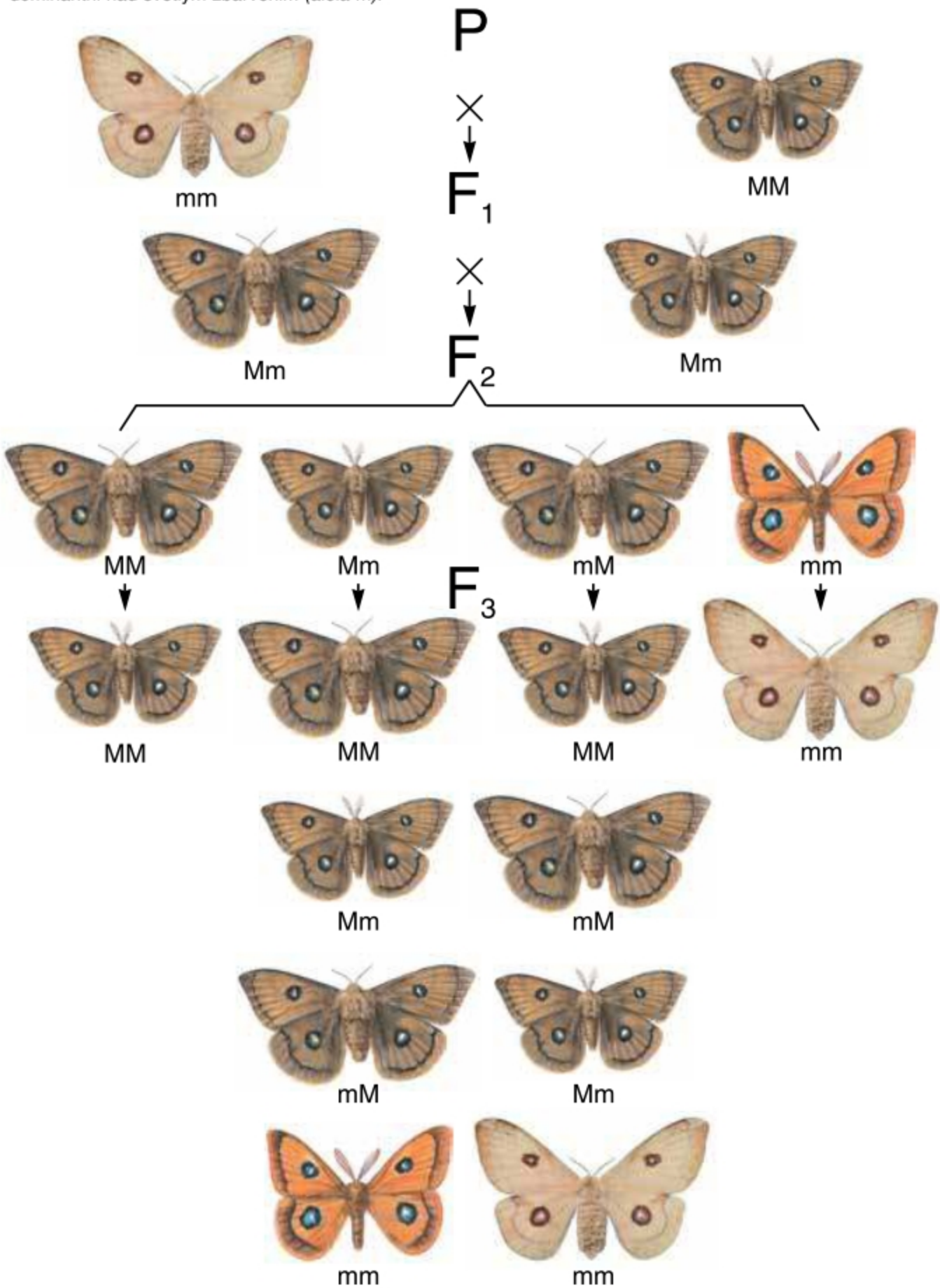
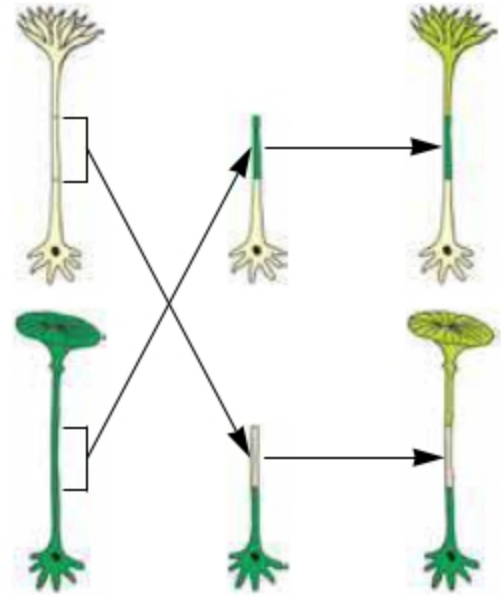


Schéma průběhu dědičnosti při jednoduché dominanci a recesivitě.

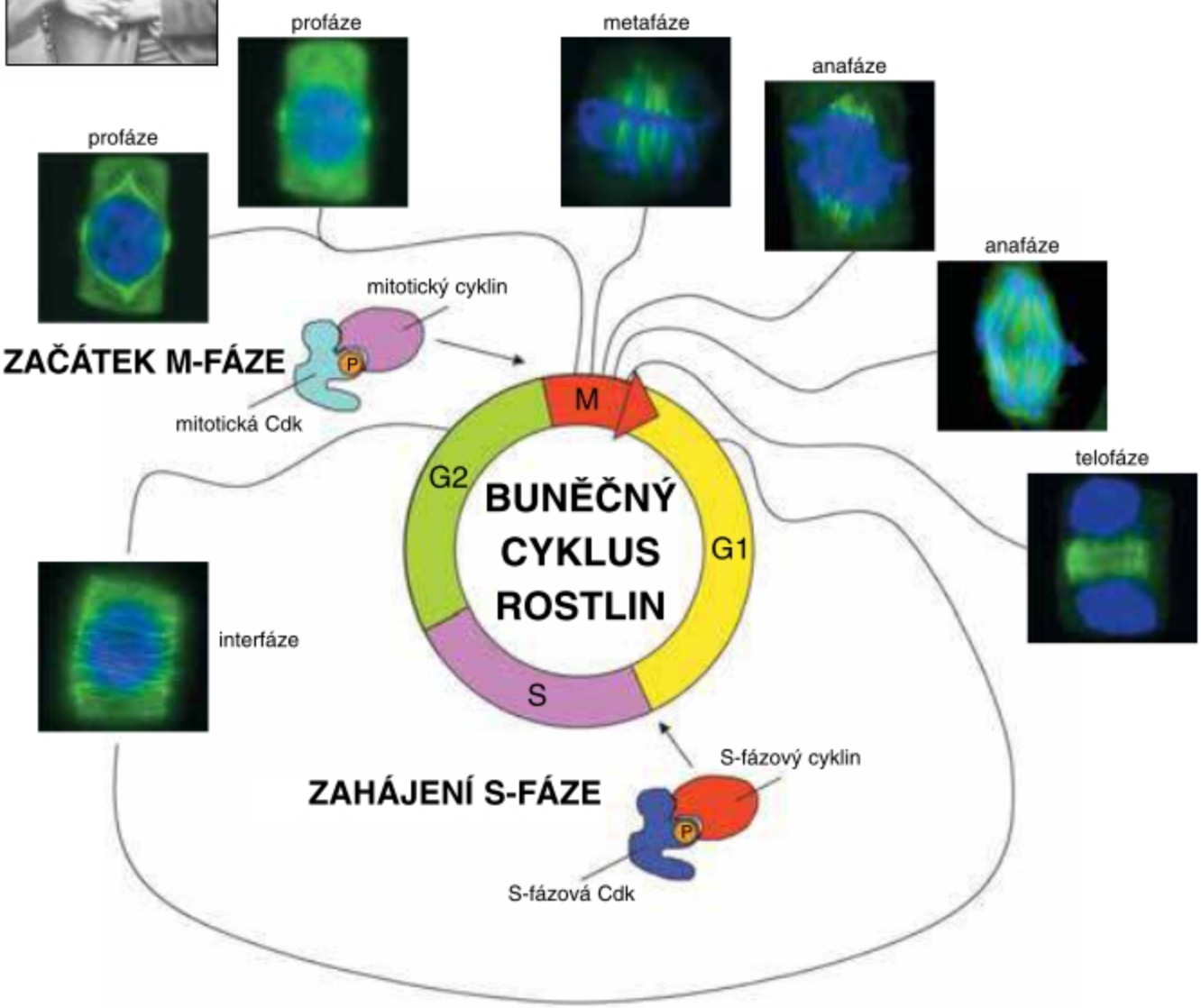
JOACHIM HÄMMERLING

Přesvědčivě prokázal význam jádra pro řízení znaků organismu. U jednobuněčné zelené řasy rodu *Acetabularia* je jádro uloženo ve spodní části buňky. Rostlinka je vysoká asi 10 cm a její vrcholová část má podobu kloboučku *(o průměru asi 1 cm)*, který je u druhu *A. mediterranea* celokrajný, u druhu *A. crenulata* prstovitě dělený. Přenese-li se střední bezjaderná část buňky *(„roub“)* jednoho druhu na bazální část s jádrem druhého druhu („podnož“), regeneruje přenesená část tak, že vytvořený klobouček svým tvarem odpovídá vždy tomu druhu, jehož jádro je obsaženo v bazální části buňky *(„podnoži“)*.



AUGUST WEISMANN

Zjistil, že sídlem „zárodečné hmoty“, která řídí dědičnost jsou chromozomy. V poslední čtvrtině 19. století bylo všeobecně známo, že chromozomy jsou mitotickým a meiotickým dělením pravidelně rozdělovány do dceřiných buněk. Bylo též známo, že jejich počet i tvar u jednotlivých organismů je konstantní.



Mitóza jako součást buněčného cyklu *(z dnešního pohledu)*.

THOMAS HUNT MORGAN

1911 začal systematicky používat jako základní modelový organismus pro studium genetiky mouchu octomilku *(Drosophila)*. Volba tohoto živočišného objektu velmi urychlila další rozvoj studia dědičnosti proto, že ve srovnání s vyššími rostlinami je generační doba *(10 až 12 dní)* drosofily mnohonásobně kratší. Snadno a ekonomicky může být namnožena v laboratorních podmínkách.

Poskytuje velký počet snadno pozorovatelných genetických odchylek. Objasnil vazbu genů. Geny, které jsou uloženy v různých párech homologických chromozomů jsou volně kombinovatelné. Počet genů u jednotlivých organismů však mnohonásobně převyšuje počet jejich chromozomů. Proto nemohou být všechny geny volně kombinovatelné. Ty geny, které jsou uloženy v jednom a tomtéž páru homologických chromozomů jsou vázané. Jejich soubor tvoří **vazbovou skupinu.** Morgan prokázal, že geny jsou uloženy v chromozomech v lineárním pořadí ***(1. Morganův zákon)***.Vzdálenost mezi geny umístěnými na chromozomu se udává v *jednotkách morganech***.** Začaly být sestrojovány **chromozomové mapy.** Počet vazbových skupin je roven počtu párů homologických chromozomů, tj. haploidnímu počtu chromozomů ***(2. Morganův zákon)***.

O. T. AVERY, C. H. Mac LEOD, M. Mc CARTHY

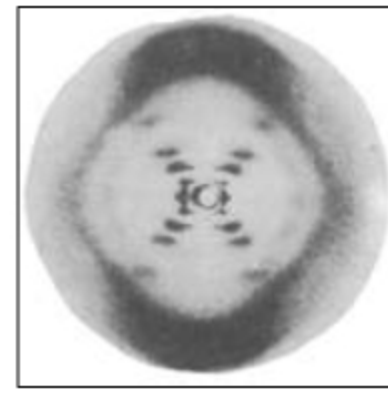
1944 experimentálně na bakteriích *Streptococcus (dříve Diplococcus)* dokázali a chemicky identifikovali DNA jako látku určující dědičné vlastnosti organismu.

O. T. Avery

ROSALINDA FRANKLINOVÁ a MAURICE WILKINS

Zjistili, že vlákna DNA rozptylují X paprsky. Zkoumání struktury DNA X paprsky *(metoda rentgenové krystalografie)* naznačila, že DNA má třírozměrnou strukturu. Křížový obraz reflexe rentgenových paprsků na fotografii dokazuje šroubovicovou formu. Velmi výrazné černé oblasti nahoře a naspodu naznačují, že purinové a pyrimidinové báze jsou pravidelně uspořádány za sebou a to kolmo k ose šroubovice.

R. Franklinová

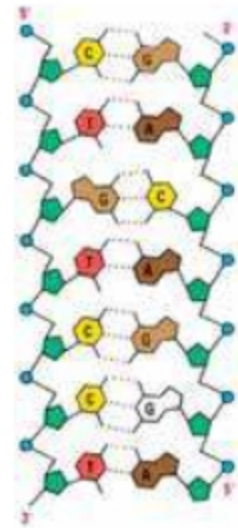


J. Watson

F. Crick

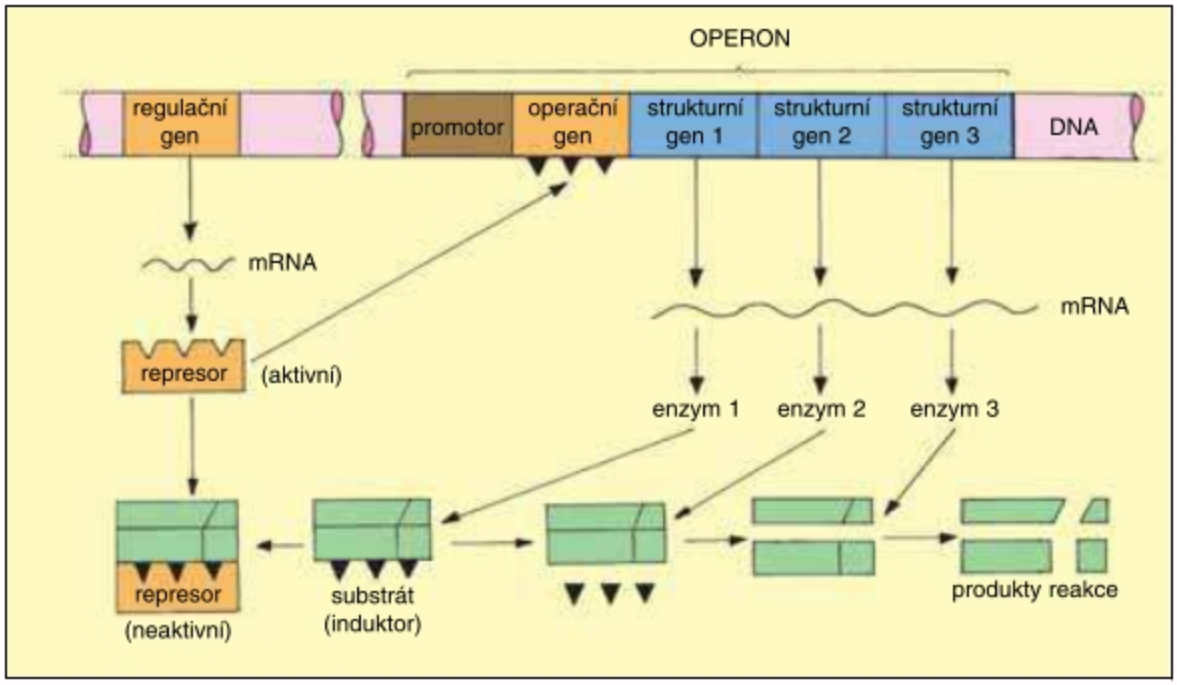
JAMES WATSON a FRANCIS CRICK

1953 využili tyto poznatky ve svém výzkumu a navrhli platný model DNA jako dvojitou šroubovici polynukleotidových řetězců v místě dusíkatých bazí navzájem spojených vodíkovými vazbami.



F. Jacob, J. L. Monod, A. Lwoff

F. JACOB, A. LWOFF, J. L. MONOD
1961 objevili princip genetické proteosyntézy a její regulace ***(operonový model)*** u bakterie *Escherichia coli.* Prokázali, že geny je třeba členit podle jejich funkce na několik typů. Jsou to: geny oprátorové, geny strukturní, geny regulátorové.



H. Matthaei, M. Nirenberg

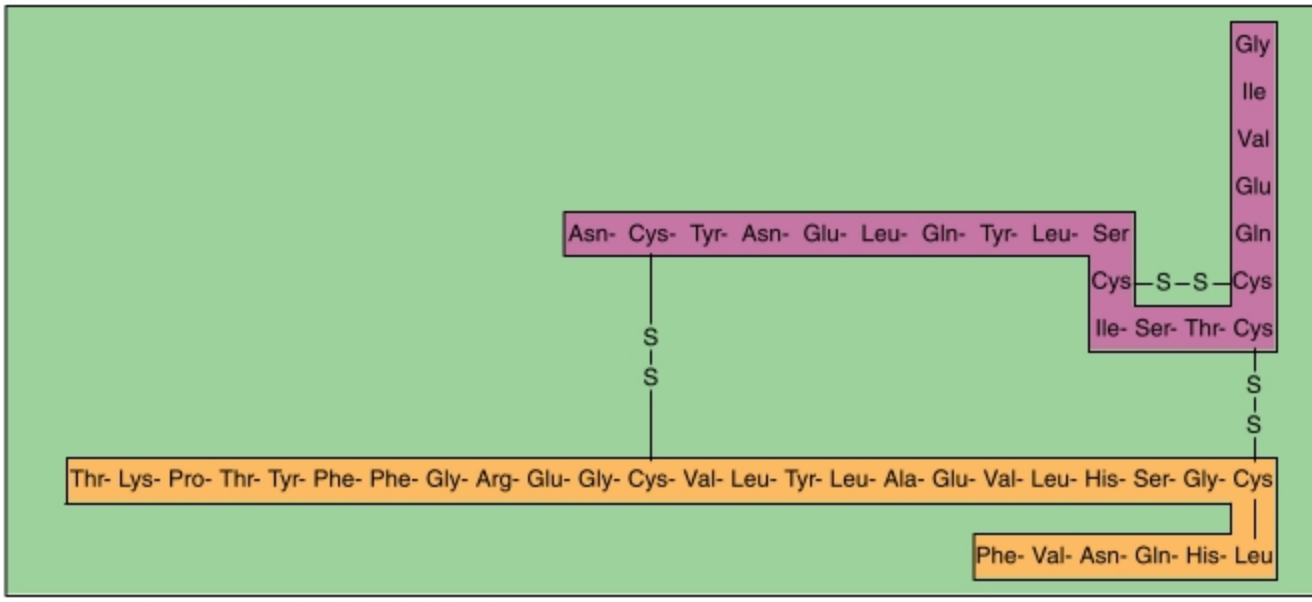
HEINRICH MATTHAEI, MARSHALL NIRENBERG, SEVERO OCHOA
1962 vyřešili **genetický kód** jehož platnost v rámci celé organické říše je univerzální.

První nukleotid	Druhý nukleotid U	Druhý nukleotid C	Druhý nukleotid A	Druhý nukleotid G	Třetí nukleotid
U	UUU, UUC fenylalanin; UUA, UUG leucin	UCU, UCC, UCA, UCG serin	UAU, UAC tyrosin; UAA, UAG beze smyslu	UGU, UGC cystein; UGA tryptofan; UGG beze smyslu	U, C, A, G
C	CUU, CUC, CUA, CUG leucin	CCU, CCC, CCA, CCG prolin	CAU, CAC histidin; CAA, CAG glutamin	CGU, CGC, CGA, CGG arginin	U, C, A, G
A	AUU, AUC, AUA izoleucin; AUG metionin	ACU, ACC, ACA, ACG treonin	AAU, AAC asparagin; AAA, AAG lysin	AGU, AGC serin; AGA, AGG arginin	U, C, A, G
G	GUU, GUC, GUA, GUG valin	GCU, GCC, GCA, GCG alanin	GAU, GAC kyselina asparagová; GAA, GAG kyselina glutamová	GGU, GGC, GGA, GGG glycin	U, C, A, G

Přehled kodonů v molekule m RNA a jimi kódovaných aminokyselin.

FREDERICK SANGER

1. Vypracoval *(1955)* metodu k určení pořadí *(sekvence)* 51 aminokyselin v molekule **hormonu insulinu**.
2. Vypracoval *(1977)* enzymovou **„dideoxy"** metodu určení pořadí *(sekvence)* nukleotidů v molekule DNA.



Pořadí aminokyselin v molekule insulínu *(člověk)*.

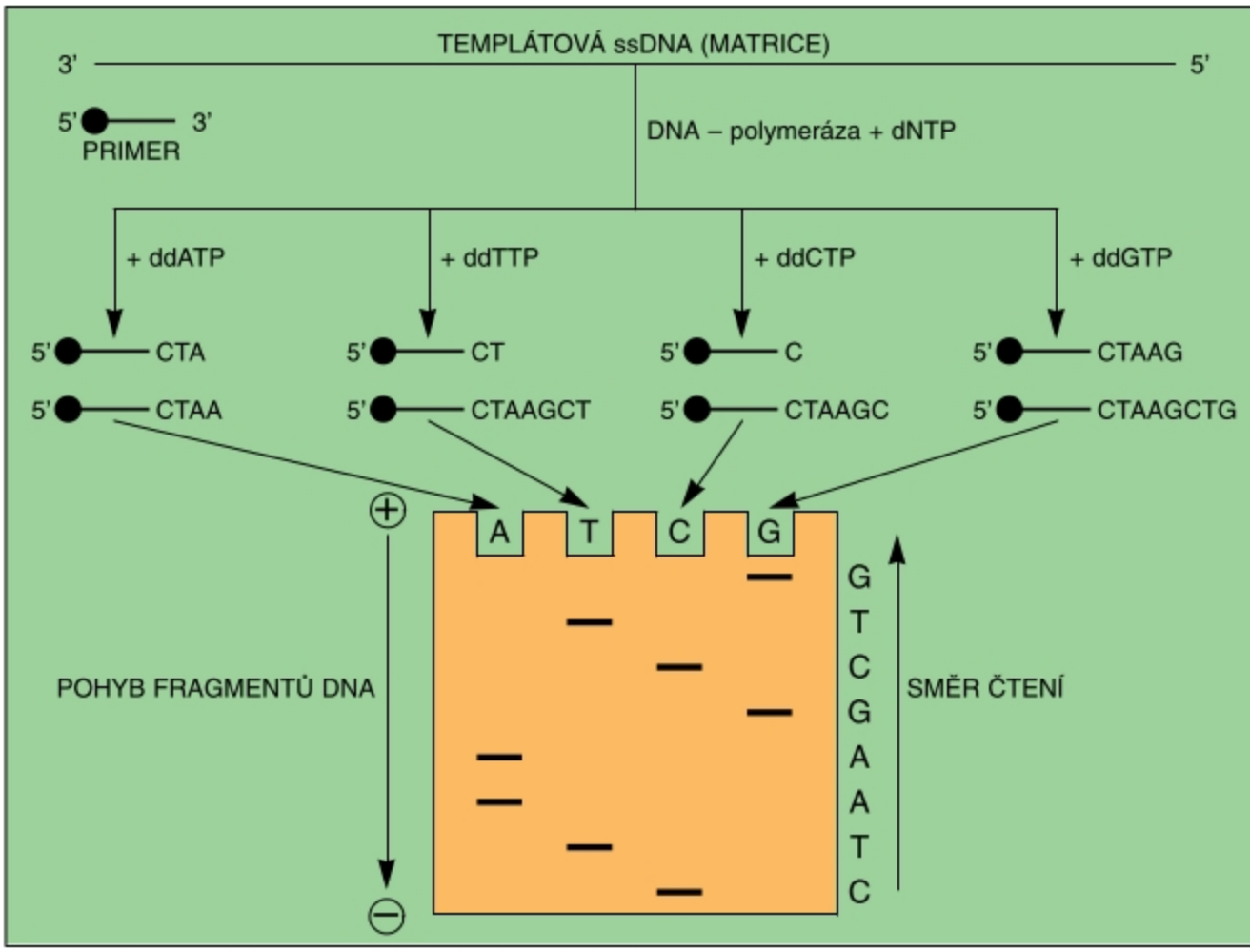
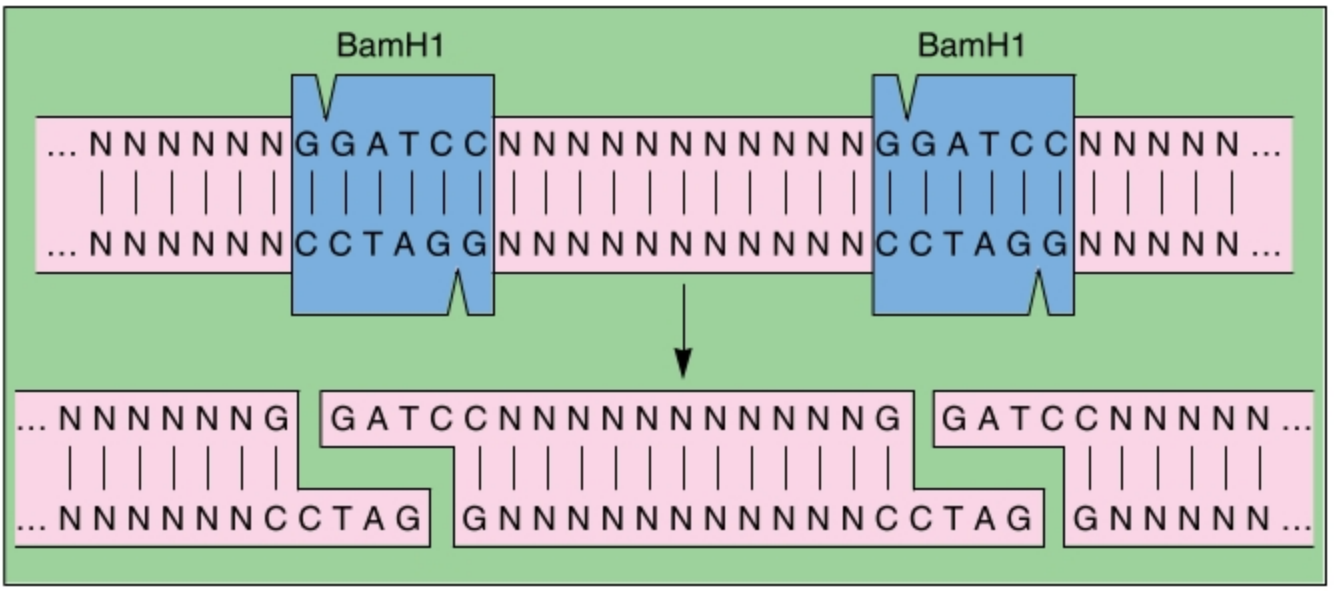


Schéma „dideoxy" metody určení sekvence nukleotidů v řetězci DNA.

W. Arber

WERNER ARBER, HAMILTON O. SMITH

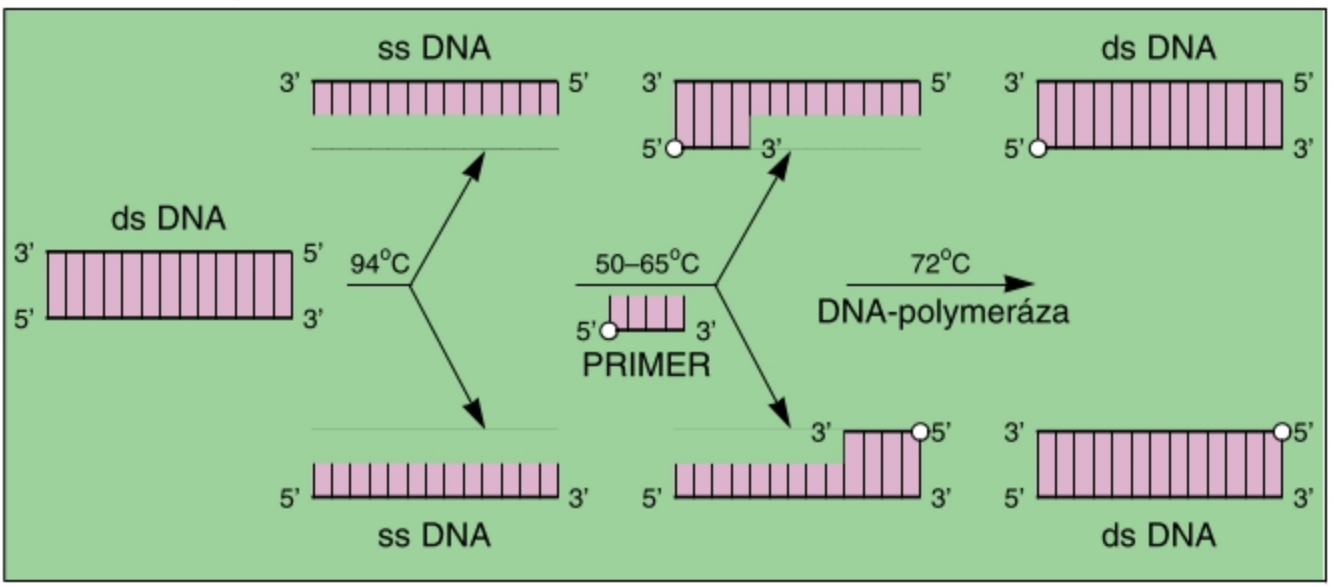
1972 objevili **restrikční endonukleázy.** Endonukleázy jsou enzymy produkované bakteriemi a štěpí *(„stříhají")* DNA v místě určitých sekvencí nukleotidů. Komplementární konce nastříhaných molekul DNA lze opět spojit účinkem působení enzymů **DNA-ligáz**.



Restrikční endonukleóza BamH1 produkovaná bakterií *(BACILLUS AMYLOLIQUEFACIENS)* štěpící DNA v nukleotidové sekvenci.

KARY B. MULLIS

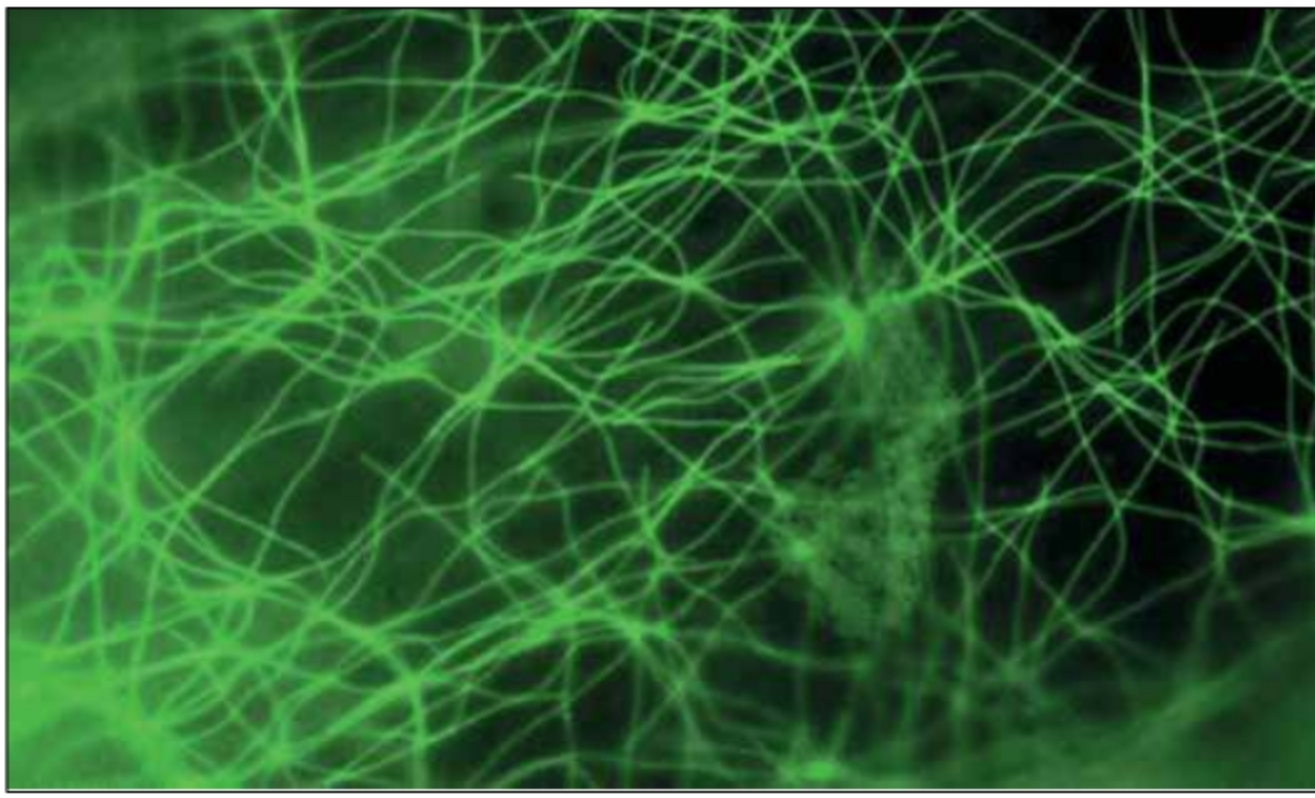
1983 objevil metodu **polymerázové řetězové reakce PCR**, kterou lze rychle, během několika hodin, namnožit pouze i jedinou molekulu DNA na úroveň nanogramů.



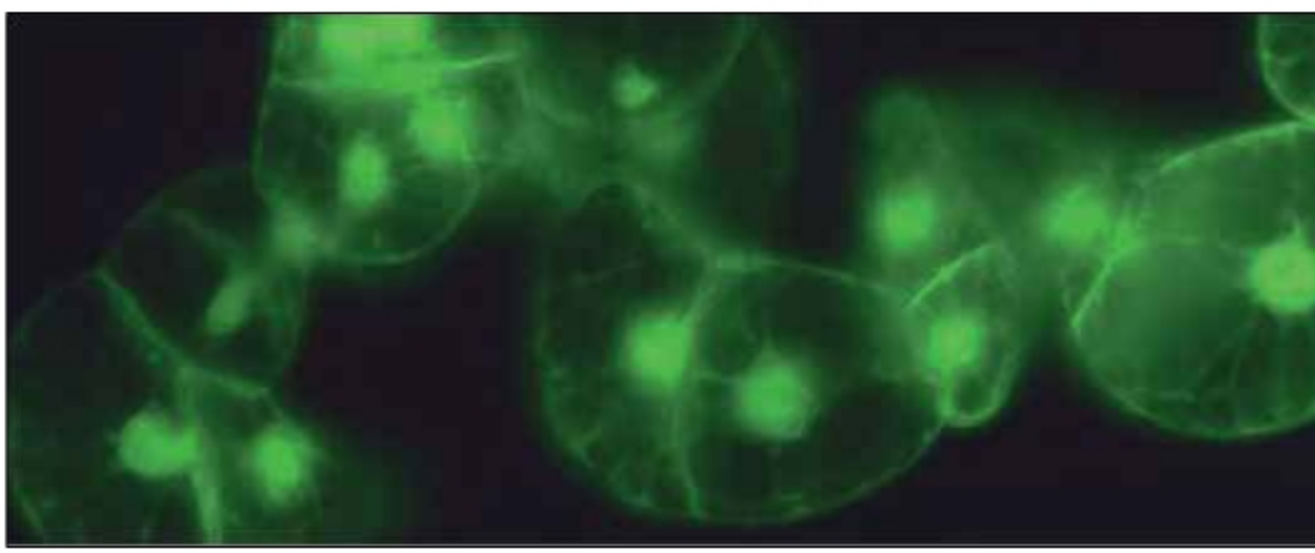
PCR – metoda
Tři teplotní kroky se neustále opakují v rozmezí cca 3 minut.
DNA se množí geometrickou řadou *(1→2→4→8→16→32→64…)*.

TRANSFORMOVANÝ ROSTLINNÝ MATERIÁL POMOCÍ GFP FŮZÍ

GFP – green fluorescent protein je přirozeně fluorescenčně *(zeleně)* svítící protein původně pocházející z medúzy druhu *Aequorea victoria,* často používaný v molekulární biologii k přípravě modifikovaných organismů. GFP gen slouží jako ukazatel exprese[1] genů u živých buněk. To znamená, že GFP gen je uměle fúzovaný[2] se sledovaným genem odpovídajícím za expresi určitého konkrétního proteinu, který nás zajímá, a my tento protein vidíme fluorescenčně svítit, protože se v organismech exprimuje[3] spolu s modifikovanou formou GFP proteinu. Navíc dnes již existují různé barevné mutace tohoto fluorescenčního proteinu jako např. CFP *(cyan – modrý)*, YFP *(yellow – žlutý)*, a to nám umožňuje současné označení různých proteinů odlišnými barvami přímo v živých buňkách.



GFP – lokalizace kortikálních mikrotubulů u živé suspenzní interfázní buňky *Arabidopsis*, kde je gen pro GFP fúzován s genem pro expresi proteinu asociovaného s mikrotubuly.



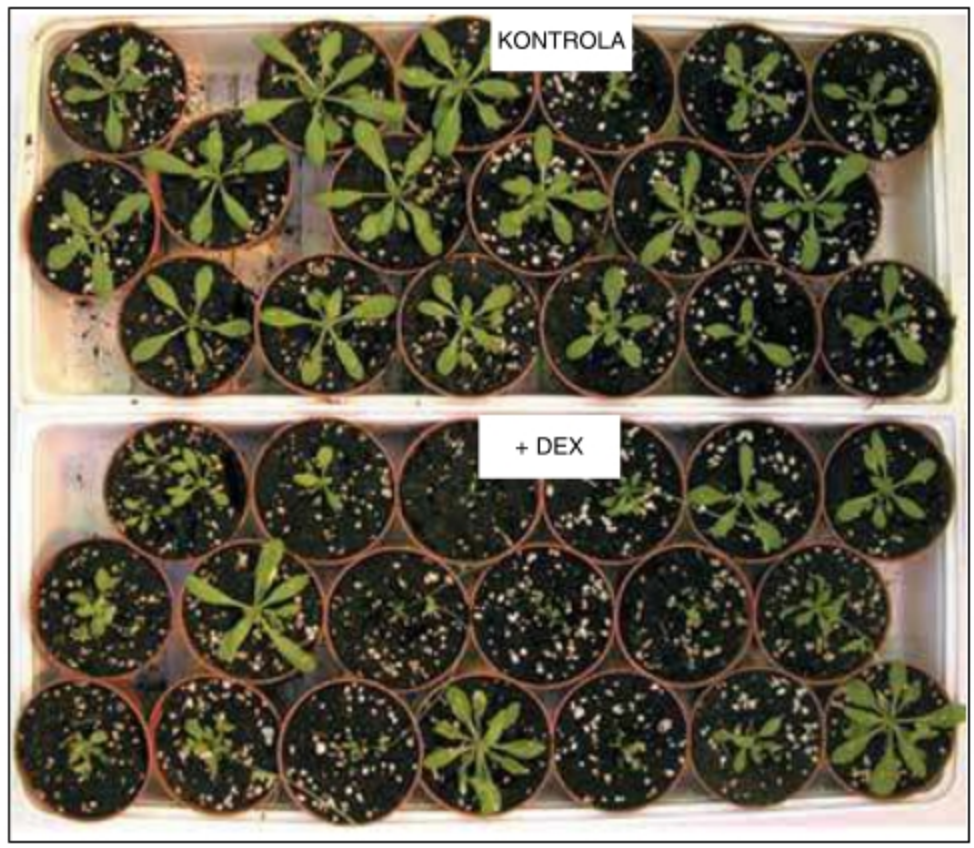
GFP – lokalizace mikrotubulů a jader u živých suspenzních kultur tabáku, kde je gen pro GFP fúzován s genem pro expresi cyklinu, který dekoruje mikrotubuly a je přítomen v jádrech buněk.

---

[1] **exprese** *(genová)* – intenzita, uplatnění určitého genu
[2] **fúze** – splynutí, sloučení, spojení
[3] **exprimovat** – vyobrazit, vyjádřit

GENOVÉ UMLČOVÁNÍ

RNAi „knockdown" experimentální technika *(= technika genového umlčování)* umožňuje připravit transformanty[4] modelových organismů, nezbytné pro studium funkcí určitých genů. RNAi kódující translaci určitého proteinu, umožňuje inducibilně výrazně snížit až zastavit jeho produkci, přestože gen pro jeho tvorbu v organismu *(v jeho DNA)* zůstává nezměněný.
Na rozdíl od toho „**knockout mutanti**" mají geny pro daný protein z DNA trvale odstraněn.
Tyto metody slouží ke studiu funkce konkrétních proteinů v živých organismech.



Kontrolní rostliny *Arabidopsis thaliana (nahoře)*, **RNAi knockdown transformanti** *Arabidopsis (dole)* s dexamethasonem indukovanou redukcí γ-tubulinu. Rostliny vykazují v T2 generaci *(= F2 generace transformovaných rostlin)* různě silné fenotypy.

Kontrolní rostlina *Arabidopsis thaliana (vlevo).*
RNAi knockdown transformované rostliny *Arabidopsis thaliana (vpravo)* s inducibilně[5, 6] redukovaným γ-tubulinem, proteinem nezbytným pro pro nukleaci a organizaci mikrotubulů, pro správné dělení buněk a tím bezchybný růst rostlin. Rostliny s tímto silnějším fenotypem vykazují abnormální růst, deformace listů a kořenů, nekvetou a jsou záhy letální.

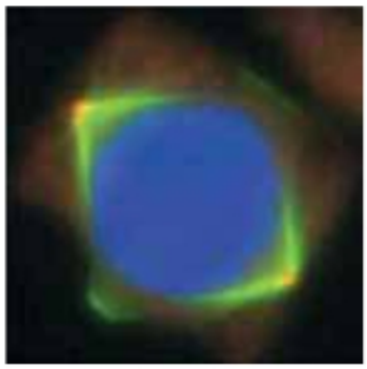
---

[4] **transformant** – geneticky pozměněný jedinec vzniklý přijetím volné DNA z okolního prostředí
[5] **inducibilní** – způsobený enzymovou indukcí
[6] **enzymová indukce** – syntéza enzymů vyvolaná induktorem *(viz str. 302)*

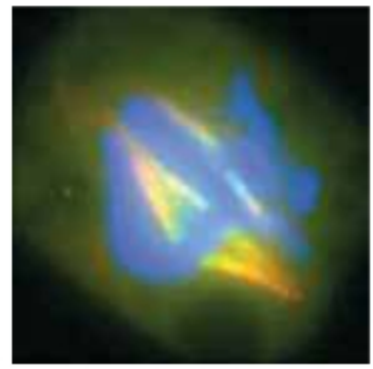
Kontrolní rostliny *Arabidopsis thaliana*

RNAi knockdown transformované rostliny *Arabidopsis thaliana* s inducibilně redukovaným γ-tubulinem vykazující slabší fenotyp. Rostliny mají redukovaný růst, normálně kvetou, ale mají deformované a abnormálně vyvinuté rozmnožovací orgány a nevyvíjejí životaschopná semena.

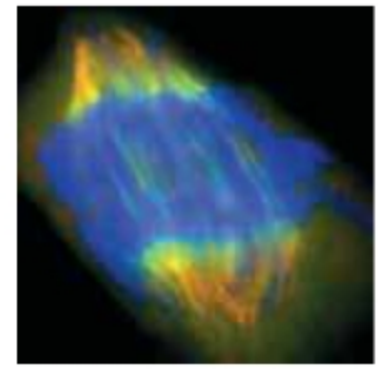
Imunolokalizace γ-tubulinu u buněk kořenových meristémů bobu *Vicia faba.*
γ-Tubulin *(červeně)* dekoruje[7] všechny mikrotubuly *(zeleně)* dělicího aparátu buněk, koncentruje se na pólech buněk na kinetochorových[8] mikrotubulech a na fragmoplastu[9], kde se podílí na tvorbě buněčné přepážky *(chromatin – modře)*.



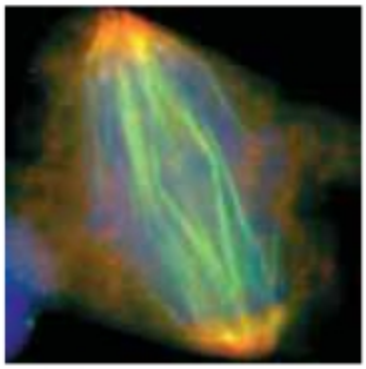
profáze



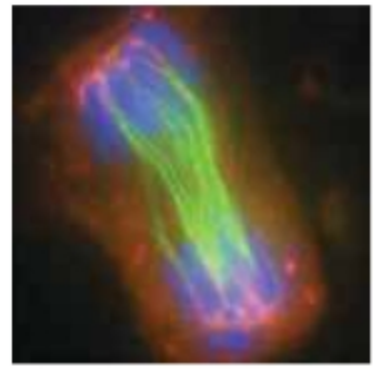
metafáze



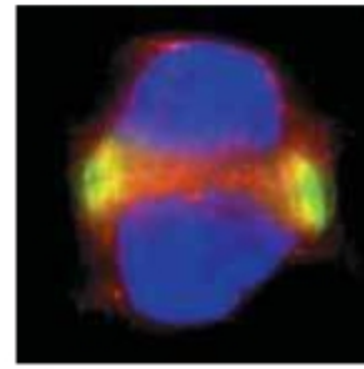
anafáze



anafáze



anafáze



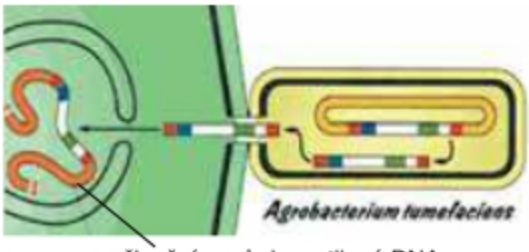
telofáze

[7] **dekorovat** – ozdobit, označit

[8] **kinetochor** – oblast zúžené části chromozomu, v níž se spojují sesterské chromatidy a na kterou se v průběhu mitózy připojují vlákna dělicího vřeténka

[9] **fragmoplast** – mikrotubulární systém oddělující dceřiné protoplasty a napomáhající vzniku buněčné destičky, která je základem budoucí příčné přehrádky

TRANSGENOZE ROSTLIN



začlenění genů do rostlinné DNA

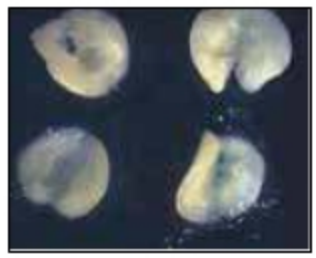
Transgenoze[10, 11] **prostřednictvím bakterií *Agrobacterium***
Bakterie *Agrobacterium tumefaciens* je půdní druh gramnegativní bakterie, která vyvolává tvorbu nádorů na poraněných místech rostlin a je schopna vnést část DNA *(T-DNA)* svého plasmidu *(plasmidu Ti)* do rostliny a vložit geny v něm obsažené do rostlinného genomu.

biolistic PDS-1000/He Bio Rad

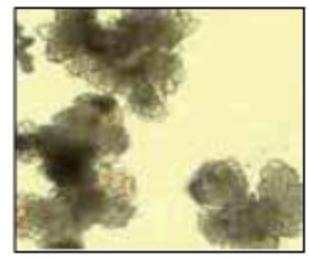
Mikroprojektilový přenos DNA
Ne všechny rostliny jsou citlivé k agrobakteriální infekci. Klonovanou DNA je možné do rostlinného genomu vnést i mechanicky pomocí genového děla. Částečky zlata nebo wolframu slouží jako nosiče *(náboje)* na jejichž povrchu jsou přichyceny molekuly klonované DNA. Ty jsou pak pomocí přístroje vysokou rychlostí vstřeleny do rostlinných buněk.

Rostlinný materiál. V závislosti na druhu rostliny transformujeme geny přímo do rostlin, listů, různých rostlinných exlantátů a buněk. Podmínkou pro úspěšnou transgenozi je fungující indukční a regenerační systém rostliny.

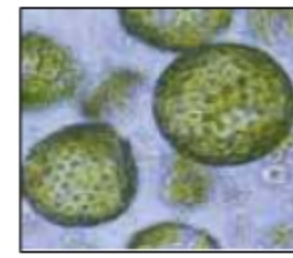
rostlina Arabidopsis



část embrya ječmene

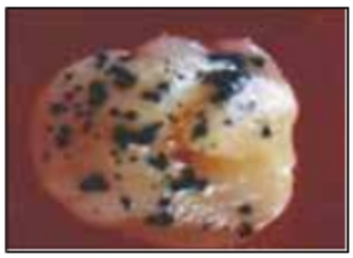


suspenzní kultura pšenice

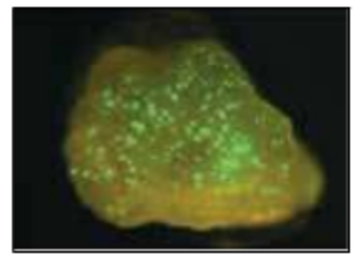


izolované protoplasty rýže

Reportérové *(signální)* transgeny lze snadno detekovat a kvantitativně stanovovat. Slouží jako měřítko stupně exprese transgenů s různými promotory, s různou strukturou, v různých genotypech v různých pletivech a za různých podmínek. Jsou vždy chimérické.



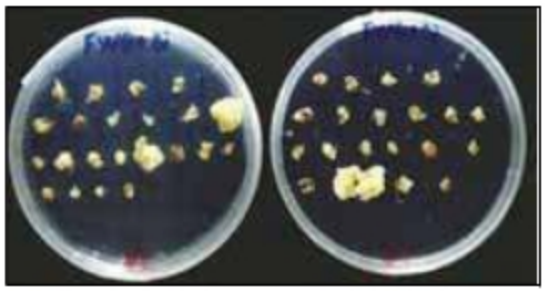
β-glucuronidase *(GUS)*



green fluorescent protein *(GFP)*

anthocyanin *(Lc/C1)*

Selekce transgenů. Selektovatelné geny se využívaji k selekci transformovaných buněk, pletiv a regenerovaných rostlin. Jsou to takové geny, které nesou rezistenci k látce přidávané do kultivačního média, nebo používané k postřiku těchto rostlin. Nejčastější geny kódující selekci jsou transgeny pro rezistenci k antibiotikům a herbicidům.



Selekce transgenů obilovin transformovaných genem *bar (Phosphinothricin)* na resistenci k herbicidům BASTA® and Liberty® .

---

[10] **transgenoze** – proces vytváření transgenního organismu *(geneticky upraveného organismu – GMO)*, vzniklého přenášením upraveného genu přes hranice druhu organismu

[11] **transgen** – upravený gen přenášený do jiného hostitelského organismu

❑ ZPĚTNÉ KŘÍŽENÍ

je křížení hybrida F_1 generace s jedním z rodičů. Při vhodné volbě rodiče *(např. recesivně homozygotního)* lze prokázat, že heterozygot vytváří dva typy gamet ve stejném množství. Lze také dokázat, zda sledovaný znak u hybrida je založen homozygotně nebo heterozygotně.

Křížení hybrida s homozygotně recesivním rodičem se označuje jako **analytické zpětné křížení**.

Pokusný objekt: **hrách setý**

Sledovaný znak: **červený květ** založen

homozygotně?	heterozygotně?
AA	Aa

Analytické zpětné křížení:

a) **Je-li znak podmíněn heterozygotně:**

F_1:	Aa	×	P aa
Gamety:	A, a		a
Potomstvo:	Aa		aa
	50 % červenokvětých		50 % bělokvětých

b) **Je-li znak podmíněn homozygotně:**

F_1:	AA	×	P aa
Gamety:	A		a
Potomstvo:	Aa		
	100 % červenokvětých		

Z křížení lze odvodit **Mendelovy zákony:**

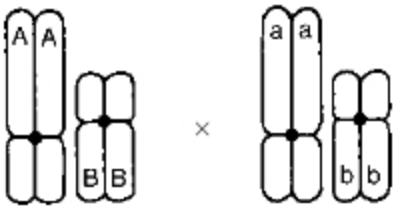
I. Kříženci *(hybridi)* **ze vzájemného křížení dvou rozdílně homozygotních rodičů jsou vždy heterozygotní, fenotypově stejní** *(zákon o uniformitě hybridů)***.**

II. Při křížení heterozygotních rodičů lze genotypy i fenotypy nově vzniklých jedinců vyjádřit poměrem malých celých čísel.

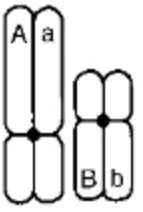
❑ VOLNÁ KOMBINOVATELNOST GENŮ *(ALEL)*

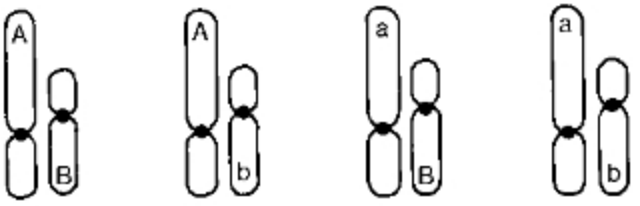
Geny *(páry alel)*, které jsou uloženy v různých párech homologických chromozomů, jsou volně kombinovatelné. Mezi jejich alelami je možných tolik kombinací, kolik je teoreticky možných matematických kombinací mezi vzájemně nezávislými veličinami.

Příklad: Předpokládejme, že páry alel A/a, B/b jsou uloženy v různých párech homologických chromozomů:



Potom dihybrid F_1 genotypu AaBb tvoří při meióze 4 genotypově rozdílné typy gamet, které nesou alely v zastoupení:





25 % (1 : 25 % 1 : 25 % 1 : 25 % 1)

❑ DIHYBRIDNÍ KŘÍŽENÍ S ÚPLNOU DOMINANCÍ

Sledujeme při něm dva znaky, každý monogenně podmíněný, tedy přenos dvou párů alel A/a B/b.

Pokusný objekt: **hrách setý**

Sledovaný znak:

tvar semen: *kulatý*, podmíněný alelou A

svraštělý, podmíněný alelou a

barva semen: *žlutá*, podmíněná alelou B

zelená, podmíněná alelou b

Rodiče P: AABB × aabb *(jsou v obou sledovaných znacích homozygotní)*

Gamety: AB ab

F_1 AaBb *(heterozygotní)*

Štěpné poměry v potomstvu F2 generace:

F_1	AaBb	×	AaBb	*(heterozygoti)*
Gamety:	AB, Ab aB, ab		AB, Ab, aB, ab	

Potomstvo F_2 je výhodné řešit pomocí Mendelova kombinačního čtverce:

♂ gamety \ ♀ gamety	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb

Štěpné poměry fenotypů v F_2 generace:

9 : 3 : 3 : 1

III. Mendelův zákon:

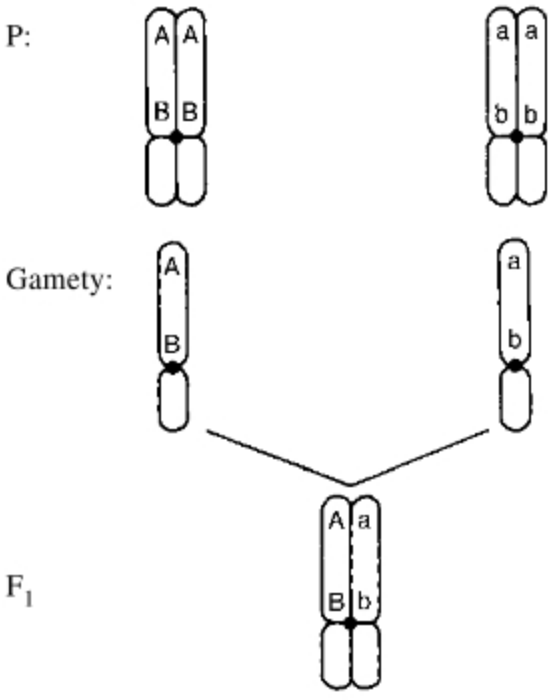
Při vzájemném křížení vícenásobných heterozygotních hybridů *(polyhybridů)* **vznikne mezi alelami sledovaných genů tolik kombinací, kolik je teoreticky možných matematických kombinací mezi vzájemně nezávislými veličinami.**

Tento zákon neplatí, jsou-li geny ve vazbě.

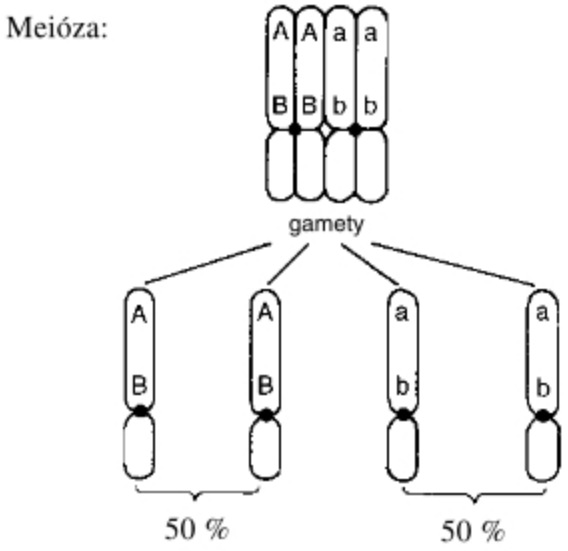
❑ **VAZBA GENŮ**

Jsou-li geny *(páry alel)* neseny jedním a týmž párem homologických chromozomů, pak jsou ze vzájemné volné kombinovatelnosti vyloučeny a jsou ve vzájemné vazbě.

❑ Je-li jeden z rodičů genotypu AABB a druhý z rodičů genotypu aabb *(tzv.* ***křížení ve fázi cis****)*, je v F_1 situace následující:



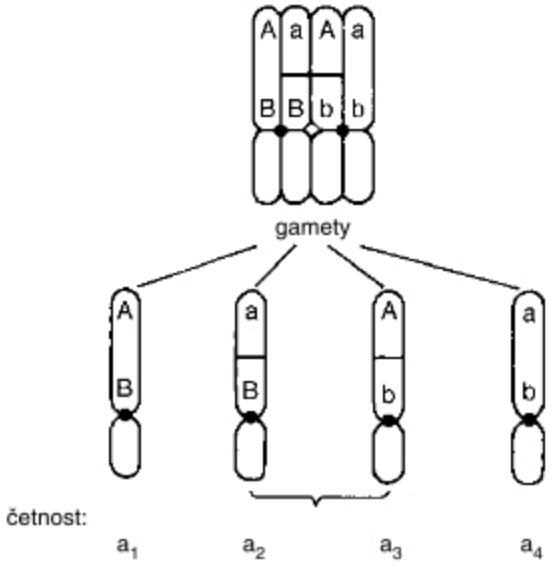
Pokud při meiózi u příslušníka F_1 nedojde ke crossing-overu, pak takový dihybrid bude vytvářet pouze dva typy gamet, stejné jako byly gamety, které vytvářeli jeho rodiče *(AB, ab)*. Takový typ vazby genů označujeme jako **vazbu úplnou**.



Pokud při meiózi u příslušníka F_1 je možný crossing-over, pak takový dihybrid bude vytvářet čtyři genotypově se lišící typy gamet v poměru odlišném od poměru

1 : 1 : 1 : 1

Meióza:



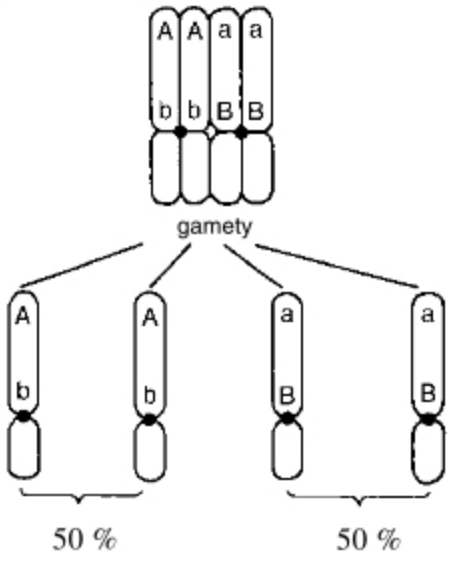
rekombinované gamety
(bude jich méně než 50 %)

V uvedeném případě dihybrid genotypu AaBb vytváří větší množství *(více než 50 %)* gamet rodičovského typu AB; ab a menší množství *(méně než 50 %)* rekombinovaných gamet typu Ab; aB vzniklých crossing-overem. Takový typ vazby genů *(vloh)* označujeme jako **vazbu neúplnou**.

❑ Jestliže jeden z křížených rodičů byl genotypu AAbb a druhý z rodičů genotypu aaBB *(tzv. **křížení ve fázi trans**)*, pak by dihybrid *(příslušník F_1)* genotypu AaBb produkoval při neúplné vazbě větší množství rodičovských gamet typu Ab; aB a menší množství rekombinovaných gamet typu AB; ab, vzniklých crossing-overem.

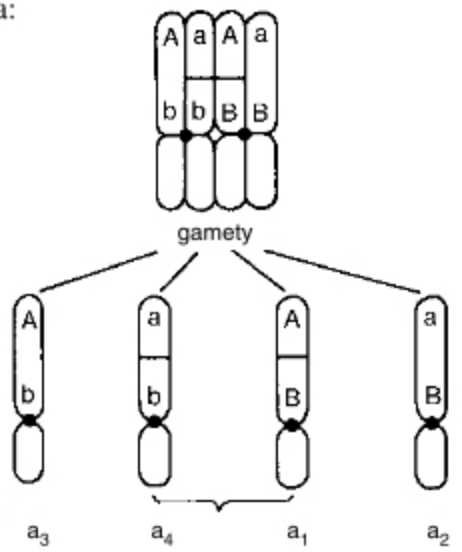
Při vazbě úplné:

Meióza:



Při vazbě neúplné, uskutečněním crossing-overu:

Meióza:



rekombinované gamety
(bude jich méně než 50 %)

Pro vazbu vloh platí následující:

Čím blíže k sobě geny *(jejich alely)* na chromozomu leží, tím je pravděpodobnost crossing-overu mezi nimi menší. Tím méně mezi nimi vzniká rekombinací a tím je vazba mezi nimi pevnější. Množství rekombinací alel je přímo úměrné vzájemné vzdálenosti genů na chromozomu. Na tomto poznatku je založen princip sestavování **chromozomových map**. Vzdálenost genů se na nich udává v jednotkách zvaných **morgan**.

Hodnota **1 morgan** vyjadřuje, že dihybrid tvoří 1 % gamet s rekombinovanou sestavou alel. To znamená, že v dané oblasti, vymezené sledovanými geny, je pravděpodobnost vzniku crossing-overu 1 % *(0,01)*. **Morganovo číslo p** lze stanovit zpětným křížením dihybrida AaBb s homozygotně recesivním rodičem aabb:

Výpočet Morganova čísla p:

Pro fázi cis:

$$p = \frac{a_2 + a_3}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}$$

Pro fázi trans:

$$p = \frac{a_1 + a_4}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}$$

Čím více se hodnota p blíží 50 % *(0,5)*, tím jsou alely na chromozomu od sebe více vzdálené a vzniká mezi nimi více překřížení *(crossing-overů)*. Dosáhne-li hodnota 50 % jedná se o volnou kombinovatelnost.

Nevzniknou-li rekombinované gamety *(neuskutečnil se crossing-over)* p = 0.

Jevy vazby vloh a jejich vysvětlení tvoří základ Morganovy **chromozomové teorie dědičnosti**. Američan **T. H. Morgan** *(1866–1945)* na základě rozborů velkého množství pokusů s octomilkou *(Drosophila melanogaster)* prokázal, že geny ovládající mendelisticky dědičné znaky jsou umístěny na chromozomech v lineárním pořadí za sebou na místech zvaných **lokusy**.

❑ DĚDIČNOST A POHLAVÍ

Skutečnost, že se příslušnící obou pohlaví u gonochoristů vyskytují ve většině případů v poměru blízkém poměru 1 : 1, vedla biology k názoru, že jedno pohlaví je v tomto znaku založeno homozygotně a druhé pohlaví heterozygotně. U gonochoristů se chromozomová sada příslušníků určitého druhu u jedinců různého pohlaví liší zpravidla v jednom chromozomovém páru. Tento chromozomový pár je označován jako chromozomy pohlavní ***(heterochromozomy, gonozomy)***. Párový heterochromozom je u gonochoristů označován jako **X chromozom**, nepárový *(tzv. allosom)* je označován jako **Y chromozom**. Zbývající chromozomy příslušné sady bývají označovány jako chromozomy somatické ***(autozomy)***; symbol A pro jejich haploidní sadu.

Tzv. **homogametní pohlaví** má výbavu pohlavních chromozomů XX *(celá sada včetně somatických chromozomů AAXX)*, **heterogametní pohlaví** má výbavu pohlavních chromozomů XY *(celá sada včetně somatických chromozomů AAXY)*.

U živočichů rozlišujeme dva základní typy chromozomového určení pohlaví:

1. **Typ savčí:** *(Drosophila)*
♀ je homozygotní XX
♂ je heterozygotní XY

Rodiče P: ♀ XX × ♂ XY
Gamety: X X, Y

Potomstvo F_1: ♀ XX ♂ XY
50 % 50 %

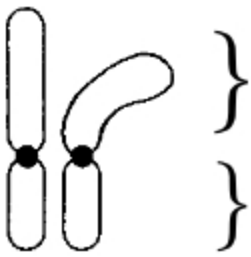
Tento typ určení pohlaví se vyskytuje u savců, plazů, některých obojživelníků a u většiny řádů hmyzu a většiny dvoudomých rostlin.

2. **Typ ptačí:** *(Abraxas)*
♂ je homozygotní ZZ
♀ je heterozygotní ZW

Tento typ určení pohlaví se vyskytuje u ptáků, některých ryb a motýlů, obojživelníků, u rostlin jen ojediněle.

❑ GONOZOMÁLNÍ DĚDIČNOST

Gonozomy *(heterochromozomy)* se liší od autozomů nejen tím, že nesou geny pro určité pohlaví, ale také svým tvarem a genovým vybavením.



Dědičnost genů umístěných v homologních částech gonozomů se řídí v podstatě podobnými pravidly jako dědičnost autozomálních genů. Geny zde lokalizované podmiňují znaky označované jako **neúplně na pohlaví vázané.**

Jiná je ale situace u genů umístěných na heterologních částech gonozomů X a Y. Tyto geny podmiňují znaky označované jako **úplně na pohlaví vázáné**. Geny lokalizované na heterologní části Y chromozomu nemají svou párovou alelu, organismus je pro ně **hemizygotní**. Znamená to, že se projevují ve fenotypu vždy jen u toho pohlaví, které Y chromozom má. Genů tohoto typu není mnoho. Takový typ dědičnosti znaku označujeme jako **dědičnost přímou**. Leží-li vloha v heterologní části gonozomu X, znak vykazuje odchylky v dědičnosti v závislosti na směru křížení. Při jednom směru křížení je F_1 stejnorodá a F_2 se štěpí v poměru 3 : 1.

Pokusný objekt: **octomilka**

Sledovaný znak:
barva očí: *červená*, podmíněná alelou W
bílá, podmíněná alelou w

Rodiče P: ♀ XWXW × ♂ XwY

Gamety: XW Xw, Y
F_1: ♀ XWXw ♂ XWY

Gamety: XW, Xw XW, Y
Potomstvo F_2:

Gamety:	XW	Xw
XW	♀ XWXW	♀ XwXW
Y	♂ XWY	♂ XwY

Při reciprokém křížení dochází ke štěpení již v F_1 na dvě fenotypové kategorie *(znak otce přechází na dceru a znak matky na syna; je to tzv.* ***dědičnost křížem****)*. V F_2 dochází ke štěpení v poměru 1 : 1 u obou pohlaví.

Rodiče P: ♀ XwXw × ♂ XWY

Gamety: Xw XW, Y

F_1: ♀ XwXW ♂ XwY

Gamety: Xw, XW Xw, Y

Potomstvo F_2:

Gamety:	XW	Xw
Xw	♀ XwXW	♀ XwXw
Y	♂ XWY	♂ XwY

U člověka bylo dosud lokalizováno asi 50 genů v heterologní části gonozomu X. Patří mezi ně například alela podmiňující **hemofilii** *(chorobnou krvácivost)*, **barvoslepost** *(daltonismus)*, **chybění potních žlázek** *(anhydrotická ektodermální dysplasie)* aj. Skutečnost, že gen pro určitý znak je umístěn v heterologní části gonozomu X, se projevuje nápadným rozdílem v četnosti jím podmíněného znaku mezi pohlavími. Tyto znaky se mnohem častěji vyskytují u jedinců typu XY než u jedinců typu XX.

❑ ZNAKY POHLAVNĚ OVLIVNĚNÉ

jsou znaky, řízené geny umístěnými v autozomech. Jejich projev *(manifestace)* se může uskutečnit jen v přítomnosti pohlavních hormonů. Patří sem například plešatost a sekundární pohlavní znaky.

Příklad:

objekt: **člověk**

sledovaný znak: **plešatost**, podmíněný alelou P

Je-li sestava alel v genotypu:

PP *(je plešatý muž i žena)*
Pp *(je plešatý jen muž)*
pp *(není plešatý ani muž)*

❑ DĚDIČNOST KVANTITATIVNÍCH ZNAKŮ

Tyto znaky organismů jsou většinou genotypově podmíněny větším počtem **genů malého účinku** vzájemně se ovlivňující a tvořících dohromady **polygenní systém**. Velký počet genů má za následek vyštěpování širokého spektra odlišných genotypů a jim odpovídajících fenotypů. Je-li například každý zúčastněný gen zastoupen dvěma alelami, potom při počtu genů k, jež se vzájemně kombinují, je počet různých genotypů dán vztahem:

$$3^k$$

při 1 genu = 3 genotypy
při 3 genech = 27 genotypů
při 5 genech = 243 genotypů atd.

Vidíme, že i při poměrně malém počtu zúčastněných genů je počet možných genotypů velmi velký. V nejjednodušším případě je polygenní systém, odpovědný za kvantitativní znak, složen z **neutrálních alel**, neovlivňujících základní hodnotu kvantitativního znaku, a z **aktivních alel**, které jej o určitou hodnotu zvětšují. Oba typy alel se přenášejí na potomstvo podle pravidel, platných pro mendelistické křížení.

Segregaci alel v generaci F_2 tedy odpovídá vzorec:

$$(a + b)^n$$

a = aktivní alely
b = neutrální alely
n = celkový počet alel

Příklad:

Uvažujme dva páry polygenních genů K/k, Y/y, které ovlivňují tělesnou výšku člověka. Alely k a y jsou neutrální, alely K a Y aktivní, zvyšující tělesnou výšku *(např. 170 cm o 2 cm)*. Při dvou párech polygenních genů *(čtyřech alelách)* obdržíme výraz:

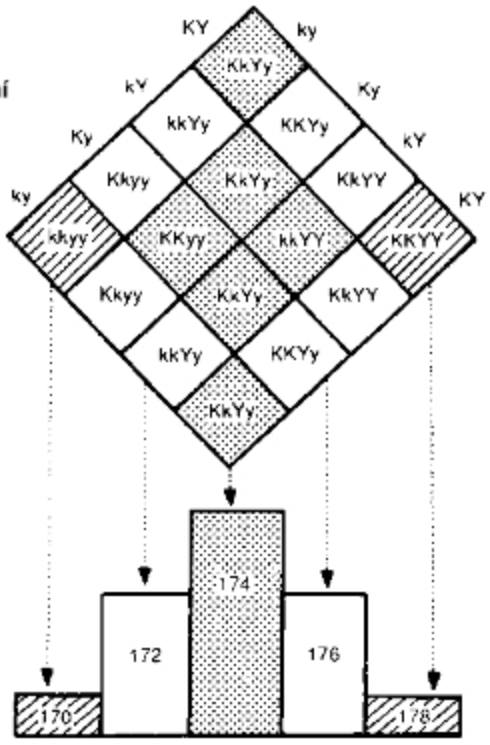
$$(a + b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$$

Přičemž indexy udávají počet alel a číselné koeficienty četnosti příslušných genotypů.

Zastoupení genotypů a fenotypů v generaci F_2 je následující:

počet aktivních alel:	4	3	2	1	0
počet neutrálních alel:	0	1	2	3	4
četnost genotypů:	1	4	6	4	1

Grafické zastoupení fenotypů



Ve skutečnosti se na fenotypovém utváření kvantitativního znaku zúčastňuje několik desítek až stovek genů. Rekombinace alel a jejich segregace do gamet, stejně jako jejich kombinace při vzniku zygot, je náhodná. Proto je **dědičnost polygenních kvantitativních znaků velmi složitá**.

Třídění znaků na kvalitativní a kvantitativní je jen pomocné. Mezi oběma skupinami nelze vést ostrou hranici a jejich rozlišení je někdy obtížné. Pro kvantitativní znaky je obecně charakteristické, že **fenotypový projev genů je snadno ovlivnitelný faktory životního prostředí**. Proto se jedinci se stejnými genotypy mohou svými kvantitativními znaky značně lišit právě v závislosti na vnějších podmínkách. Jako například může být uveden horský a nížinný typ pampelišky *(smetanky)* obecné *(Taraxacum officinale)*.

Vysejí-li se semena nížinného typu smetanky v horských podmínkách, vyrostou rostliny horského typu, a naopak vysetím semen horského typu smetanky v příznivějších nížinných podmínkách vyrostou rostliny nížinného typu. Tento typ nedědičné proměnlivosti se označuje jako **modifikace**.

Pampeliška obecná: 1 – nížinný typ, 2 – horský typ

Závěr: Kvantitativní znaky tak dosvědčují, že proměnlivost *(variabilita)* organismů je podmíněna dvěma nezávislými skupinami faktorů:

a) faktory vnějšího prostředí – **nedědičná proměnlivost**

b) složením genotypu – **dědičná proměnlivost**

❑ DĚDIVOST *(heritability)*

udává vzájemný podíl mezi dědičnou a nedědičnou složkou proměnlivosti kvantitativního znaku. Označuje se symbolem h^2,

kde h může nabývat hodnot od 0 do 1

h = 0 celá proměnlivost kvantitativního znaku je způsobena faktory prostředí

h = 1 celá proměnlivost kvantitativního znaku je způsobena genetickými faktory.

❑ MIMOJADERNÁ DĚDIČNOST

Většina genetické informace buňky je uložena v jádře *(u eukaryotních buněk)* či nukleoidu *(chromozomu prokaryotních buněk)*.

Bylo však zjištěno, že některé znaky jsou řízeny nebo spoluřízeny informací, jejíž zdroj je umístěn mimo buněčná jádro, resp. nukleoid. Mimojaderné geneticky účinné struktury u prokaryotních organismů jsou **plazmidy**. U eukaryotních organismů je mimojaderná DNA obsažena v mitochondriích a v plastidech.

Soubor genů buňky či jedince označujeme jako **genotyp**. Soubor genů lokalizovaný v jádře nazýváme **genom** a soubor genů lokalizovaný mimo jádro jako **plazmon**. Složkou plazmonu jsou geny umístěné v mitochondriích ***(chondriogeny)***, v plastidech ***(plastogeny)*** a v ostatní cytoplazmě ***(plazmogeny)***.

❑ GENETICKÁ PROMĚNLIVOST

Faktory podmiňující proměnlivost genotypů jsou:

– segregace;
– rekombinace;
– spojování párových alel při oplození.

Při těchto procesech se počet alel nemění, vytvářejí se jen jejich nové kombinace.

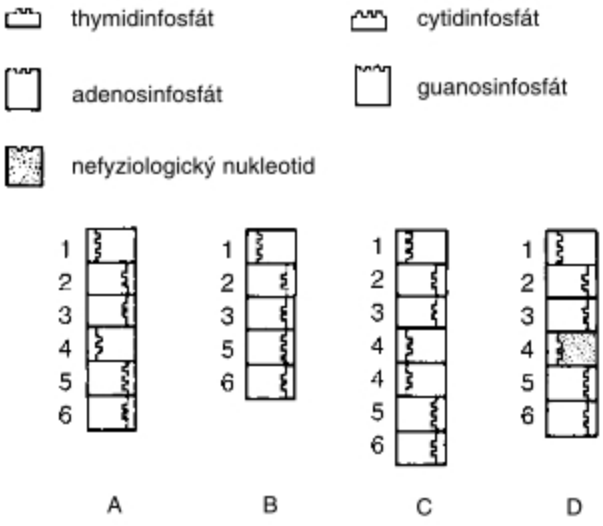
Procesy, při kterých se mění počet alel nebo vznikají alely nové – mění se kvalita i kvantita genů, označujeme jako **mutace**.

❑ GENOVÉ MUTACE

zasahují a mění jednotlivé geny. Jejich podstata je molekulární. Mohou být způsobeny:

– ztrátou jednoho páru nukleotidů (B);
– zařazením nadpočetného páru nukleotidu (C);
– záměnou fyziologického nukleotidu nefyziologickým (D).

Dochází při nich ke změně kodonu, a tím i k chybě v proteosyntéze. Bylo dokázáno, že nově vzniklá alela je proti standardní alele obvykle recesivní *(přibližně v poměru 100 : 1)*. Dominantní mutace jsou tedy vzácné a některé z nich umožňují organismu vykonávat nové funkce, které dosud postrádal.

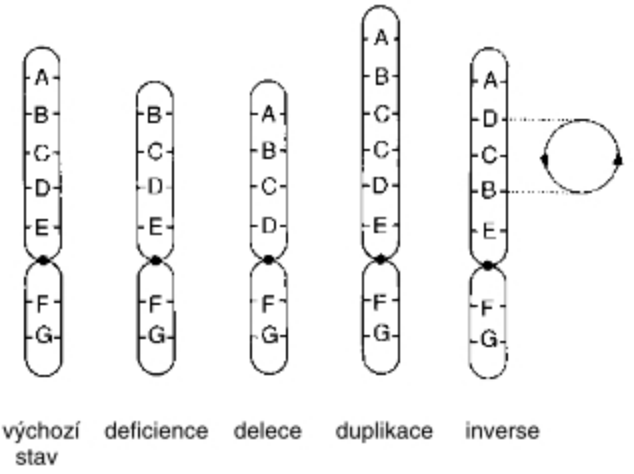


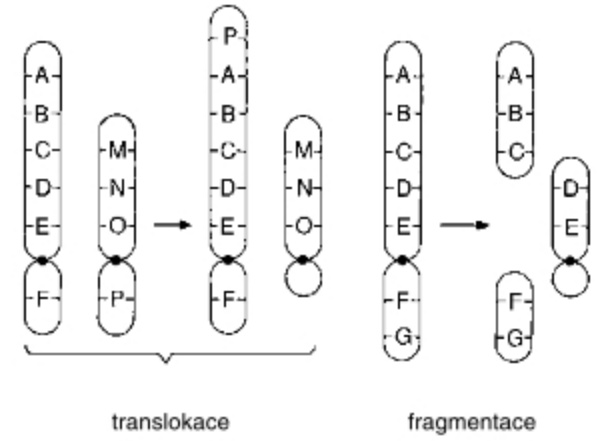
❑ CHROMOZOMOVÉ MUTACE
(chromozomové aberace)

nemění samotné geny, ale mění strukturu chromozomů. Jejich vznik předpokládá zlom chromozomu na jednom nebo více místech. Patří mezi ně:

– **deficience** *(ztráta koncové části chromozomu)*;
– **delece** *(ztráta vnitřní části chromozomu)*;
– **duplikace** *(zdvojení částí chromozomu)*;
– **inverze** *(převrácení úseku chromozomu)*;
– **translokace** *(přemístění částí chromozomu na chromozom jiný)*;
– **fragmentace** *(rozpad chromozomu na více částí)*.

Na rozdíl od genových mutací mohou být chromozomové aberace překážkou normálního průběhu meiozy a gamety jimi postižené jsou sterilní nebo vytvářejí životaneschopné zygoty. *(U člověka se odhaduje asi 6 % takto postižených gamet).*





❑ GENOMOVÉ MUTACE

mění počet chromozomů v buňce. Rozlišujeme:

• **polyploidii**, při které dochází ke znásobení jednoduché sady chromozomů:

3n triploidie
4n tetraploidie apod.;

• **aneuploidii**, při které je zvýšen nebo snížen počet určitých chromozomů:

2n + 1 trisomie
2n – 1 monosomie.

Polyploidie, např. u rostlin, je dosti častá. Protože polyploidní jádro obsahuje celistvé násobky haploidní sady chromozomů, může být polyploidie přenášena i do dalších generací.

Aneuploidie je vždy příčinou méně či více vážných poruch ve zdraví nositele, vede k poruchám meiozy, a tím i k poruchám plodnosti.

❑ SPONTÁNNÍ MUTACE

vznikají nahodile, z příčin jež nelze s určitostí vysvětlit. Jejich výskyt je velmi nízký. Např. četnost spontánních mutací se odhaduje asi na 10^{-5} až 10^{-10} pro jeden gen za jednu generaci.

❑ INDUKOVANÉ MUTACE

jsou vyvolány působením tzv. mutagenních činitelů. Mezi **fyzikální mutageny** patří všechny typy ionizujících záření *(γ záření, rentgenové záření, UV záření)*. Z **chemických mutagenů** *(chemomutagenů)* jsou známy již tisíce látek anorganické a organické povahy *(aromatické chlorované deriváty, alkaloidy, kationty těžkých kovů, peroxidy aj.)*. Protože většina mutací svého nositele poškozuje, měl by člověk ve své každodenní praxi dbát na to, aby riziko indukovaných mutací nezvyšoval.

Např. vyráběné chemické látky by měly být před hromadnou výrobou biologicky testovány. Koncentraci mutagenů zvyšují průmyslové exhaláty, výfukové plyny, odpadní produkty atomových elektráren apod.

Závěr: Většina mutací své nositele poškozuje. Část mutací je v daném prostředí bez významu.Nepatrná část mutací je pro nositele výhodná v daném prostředí. V tomto případě jsou mutace vnitřním zdrojem dědičné proměnlivosti, zvyšují přizpůsobivost druhu a vytvářejí tak jeden ze základních předpokladů evoluce.

ZÁKLADY GENETIKY POPULACÍ

Soubor jedinců téhož druhu, osídlující v daném čase určité přírodní území, tvoří populaci. Soubor všech alel všech členů populace tvoří **genofond populace**.

❑ GENETICKÁ STRUKTURA POPULACE

Podle velikosti rozlišujeme **populace velké**, složené z několika set až desítek tisíc jedinců, a **populace malé**, složené pouze z několika desítek jedinců.

Podle partnerských vztahů při oplození je v populacích možná celá řada přechodů mezi dvěma krajními typy: **samooplozením *(autogamií)***, typickým pro samosprašné rostliny, a **náhodným pářováním *(panmixií)***, typickým pro gonochoristické živočichy a cizosprašné rostliny. Úvahy o **složení genofondu** můžeme provádět na základě zastoupení dvou možných alel velkého účinku.

Příklad:

Sledujeme populaci, která je v generaci P tvořena pouze heterozygoty Aa. Četnost alely A v této populaci označme p, četnost alely a označme q.

Platí, že: $p + q = 1$.

Frekvence genotypu: Aa = 100 %
Frekvence alel : A = a = 50 %

Frekvenci genů této alelové dvojice v panmiktické populaci zjistíme kombinačním čtvercem:

	pA	qa
pA	p^2AA	pqAa
qa	pqAa	q^2aa

Frekvence genotypů:

AA : Aa : aa = p^2 : 2pq : q^2
25% : 50% : 25%
1 : 2 : 1

je ve velké panmiktické populaci stálá ***(Hardyho-Weinbergův zákon)***.

❑ VÝVOJ GENOFONDU V AUTOGAMNÍ POPULACI

Při samooplození *(autogamii)* potomci genotypu AA a genotypu aa zůstanou homozygoty, potomci genotypu Aa se opět štěpí v poměru 1 : 2 : 1. Protože jedna čtvrtina z 50 % je 12,5, přibude tedy homozygotů, a ubude heterozygotů a jejich zastoupení v generaci F_2 bude:

AA : Aa : aa
37,5 % : 25 % : 37,5 %

Již po deseti autogamních generacích heterozygoti z populace téměř vymizí ***(zcela beze zbytku však z generace nevymizí nikdy)***. Tento proces se týká kteréhokoli alelového páru. Po dostatečném počtu autogamních generací bude populace složena téměř výlučně z homozygotů pro každý gen – vytvoří se **čisté linie znaků**.

❑ VLIV SELEKCE NA GENOFOND POPULACE

Určité znaky mohou být pro své nositele buď výhodné, nebo naopak nevýhodné z hlediska rozmnožování. Nositelé výhodných znaků *(a jim odpovídajících genotypů)* mají v průměru více potomků než nositelé nevýhodných znaků *(a jim odpovídajících genotypů)*. Příspěvek některých genotypů do genofondu populace následující generace může být tedy vyšší než příspěvky genotypů ostatních. Tento jev se označuje jako **výběr *(selekce)***. Alel podmiňujících **selekčně výhodné znaky** v populaci přibývá, zatímco alel podmiňujících selekčně nevýhodné znaky v populaci ubývá. Rychlost změn četnosti alel závisí jednak na intenzitě selekce, jednak na tom, zda jde o alely dominantní, nebo recesivní.

Nevýhodný dominantní znak *(a jemu odpovídající dominantní alela)* může vlivem selekčního tlaku z populace velmi rychle vymizet. Naproti tomu četnost recesivní alely, podmiňující selekčně nevýhodný znak, se zmenšuje pomalu a z populace prakticky nikdy zcela nevymizí. Příčinou je to, že selekce působí pouze proti recesivním homozygotům, zatímco heterozygoti selekcí postiženi nejsou, takže recesivní alelu přenášejí do dalších generací.

❑ VÝVOJ GENOFONDU V POPULACÍCH

Soubor jedinců každého druhu je v přírodě většinou rozdělen do celé řady populací. Malé, izolované populace mají omezené genofondy s užším výběrem alel než populace velké. V různých areálech jsou populace vystaveny více či méně **odlišným podmínkám prostředí – selekčním tlakům**. Jejich vlivem dochází v populacích k adaptivním změnám fenotypu i genotypových četností *(a tedy i četnosti alel)*. Změna četnosti alel se nazývá **genetický posun**. Po určitém počtu generací mohou některé alely z genofondu malé populace úplně vymizet, zatímco jiné mohou dosáhnout stoprocentní četnosti. V malé populaci se uplatňuje zvýšenou měrou **inbreeding** *(příbuzenské křížení)*, a tedy i tendence ke zvyšování podílů dominantních i recesivních homozygotů na úkor heterozygotů.

Heterozygotnost populace má obrovský význam pro přežití určitého druhu. Zvláště dnes, kdy se biologové snaží zachránit před vyhubením řadu ohrožených druhů pro budoucí generace, je třeba si uvědomit, že úspěch je závislý na genetické struktuře určité zbylé skupiny. Současné poznatky ukazují, že stav populace ohroženého druhu by neměl klesnout pod 200 až 500 jedinců. Menší skupině téhož druhu hrozí zmíněný inbreeding, který může vést ke snížení životaschopnosti takové populace, případně za určitých okolností k jejímu zániku. Populace téhož druhu, lišící se vzájemně svými genofondy *(což bylo způsobeno přizpůsobením se určitým prostředím)*, nazýváme **plemena *(rasy)*** u rostlin **odrůdy *(variety)***. Příslušníci různých plemen *(ras, variet)* téhož druhu se mohou vzájemně křížit a jejich potomstvo je dále plodné. Každá populace tak představuje samostatný **ekotyp**, optimálně dědičně přizpůsobený specifickým podmínkám prostředí svého areálu.

GENETIKA ČLOVĚKA

se řídí obecně platnými genetickými zákony, odlišuje se jen metodickými postupy. Dědičnost člověka **nelze zkoumat** nejobecnější experimentální metodou – pokusným křížením *(hybridizací)*. Místo experimentálních metod se tedy používají hlavně **metody pozorovací**. Sledují se, popisují a statisticky vyhodnocují fenotypové znaky osob, vybraných podle určitého systému. Provádí se **výzkum**:

– **genealogický**
(zkoumá určitý rod v několika generacích, viz str. 330);

– **populační**
(zkoumá výběrový, náhodně vybraný vzorek určité populace);

– **gemellilogický**
(zkoumá dědičnost členů párů dvojčat).

Tyto metody lze v řadě případů doplnit vyšetřením mikroskopického obrazu chromozomů – zkoumáním **karyotypu** *(viz str. 331)*. Každý člověk je nesmírně složitým polyhybridem, jeho genotyp je velice rozsáhlý *(ve 23 chromozomech je umístěno více než 50 000 lokusů)* a individuální.

❑ DĚDIČNÉ CHOROBY A DISPOZICE

Genotyp člověka podmiňuje i jeho zdravotní stav. Rozlišujeme:

❑ DĚDIČNÉ DISPOZICE K CHOROBÁM

Choroba má genotypové podmínění *(dispozici)*, ale k jejímu vzniku je třeba působení *(expozice)* určitého činitele prostředí. Tento vyvolávající činitel prostředí je zpravidla specifický *(např. určitá složka potravy, určitá látka v prostředí, sluneční záření apod.)*. Chorobu vyvolá pouze spolupůsobení obou složek. Mezi dispoziční choroby patří např. **alergie, neurózy, vysoký krevní tlak** aj.

❑ DĚDIČNÉ CHOROBY

jsou způsobené odchylkami genotypu. Jsou vyvolány mutacemi genovými, chromozomovými, genomovými. Podíl vlivu prostředí na vzniku dědičných chorob je téměř nulový, někteří specifičtí činitelé prostředí se však mohou podílet na jejich rozvoji *(patogenezi)*. Zvláštní skupinu dědičných chorob tvoří **dědičné vývojové vady**, vznikající během nitroděložního vývoje a znamenající zpravidla postižení jedince na celý život. Řadu z nich *(např. rozštěp patra)* dovede odstranit moderní plastická chirurgie. Jde však o tzv. **eufenický zásah**, upravující příslušný fenotyp, ale neodstraňující mutací postižený genotyp. Zákrok vede ke zvýšení životaschopnosti postižených jedinců, současně ale také ke zvýšení četnosti přenosu nežádoucí alely do dalších generací.

Hlavním úkolem **lékařské genetiky** je nejen včasné poznání a léčení chorob s dědičnou dispozicí a dědičných chorob, ale i snaha o to, **aby genotypy s dědičnými základy vážných chorob nebyly přenášeny na další generace – tedy genetická prevence**. K tomuto účelu byly zřízeny **genetické poradny** *(příklady genetických onemocnění člověka viz doplněk str. 328)*.

GENOVÉ INŽENÝRSTVÍ

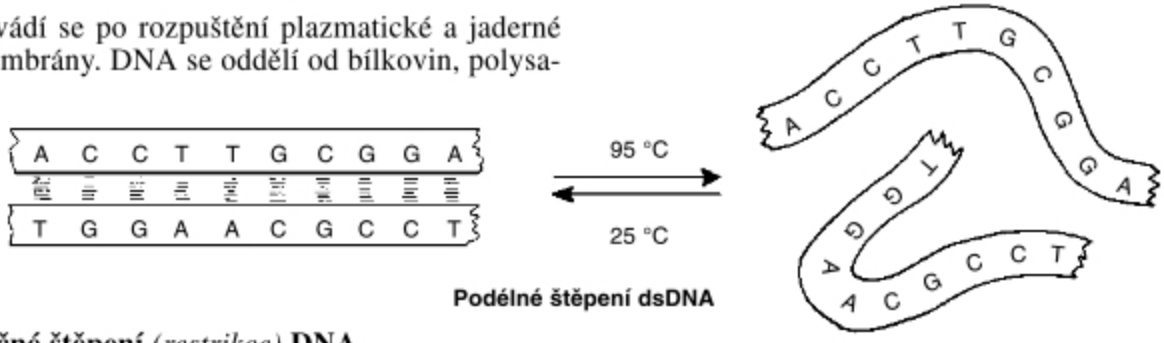
Na počátku 70. let minulého století vyvinuli molekulární biologové speciální laboratorní techniky umožňující přenos genů z jednoho chromozomu do druhého. Naučili se spojovat polynukleotidové sekvence různého původu *(technika rekombinantní DNA)*. Tak například do bakteriální DNA lze začlenit úsek živočišné DNA, do živočišné DNA úsek rostlinné DNA atp. Tato technika umožňuje nalézání vhodných genů v bakteriálních i v eukaryotických buňkách a jejich přenos do genomů rozličných organismů. Využití postupů genového inženýrství *(klonování genů)* v biotechnologii *(viz doplněk str. 547)*. Mezi základní postupy genového inženýrství patří:

1. Izolace nukleové kyseliny

Provádí se po rozpuštění plazmatické a jaderné biomembrány. DNA se oddělí od bílkovin, polysacharidů a lipidů vhodně zvoleným postupem *(např. vysrážením absolutním alkoholem nebo přichycením na silikátových kuličkách)*. Pokud chceme oddělit i RNA, musí se působit RNA-ázou.

2. Podélné štěpení DNA účinkem vyšší teploty

Při teplotě okolo 95 °C dochází k zániku vodíkových vazeb mezi bázemi a dsDNA se rozpadá na dvě samostatná vlákna ssDNA *(denaturuje)*. Opakovaným opatrným ochlazením se obě vlákna ssDNA opět spojují *(renaturují)* vodíkovými vazbami na základě komplementarity bazí.



Podélné štěpení dsDNA

3. Příčné štěpení *(restrikce)* DNA

Aby mohli biologové pracovat se samostatnými geny, musí umět rozdělit molekulu DNA nejen podélně, ale i příčně. Příčné rozdělení umožňují enzymy – **restrikční endonukleázy**. Endonukleázy štěpí DNA v místě určitých sekvencí nukleotidů. Vznikají přitom **„lepivé konce“**. Komplementární lepivé konce lze opět spojit účinkem působení enzymů – **DNA-ligáz**.

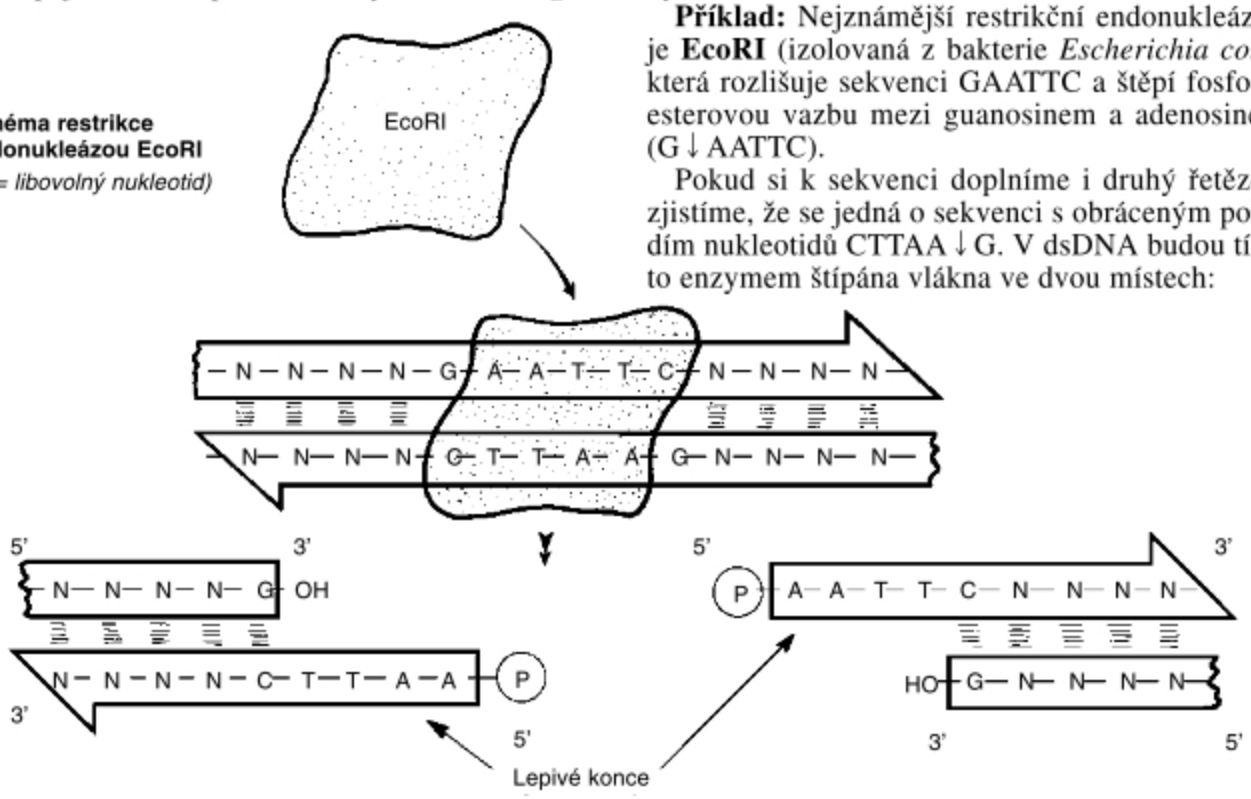
Nezáleží přitom, zda se jedná o fragmenty stejné DNA. Záleží pouze na tom, zda mají fragmenty stejné sekvence na svých lepivých koncích.

Objevem restrikčních endonukleáz tak získali biologové *„nůžky“* ke stříhání molekul DNA a objevem DNA-ligáz *„lepidla“* na spojování nastříhaných molekul DNA.

Příklad: Nejznámější restrikční endonukleázou je **EcoRI** (izolovaná z bakterie *Escherichia coli*), která rozlišuje sekvenci GAATTC a štěpí fosfodiesterovou vazbu mezi guanosinem a adenosinem (G↓AATTC).

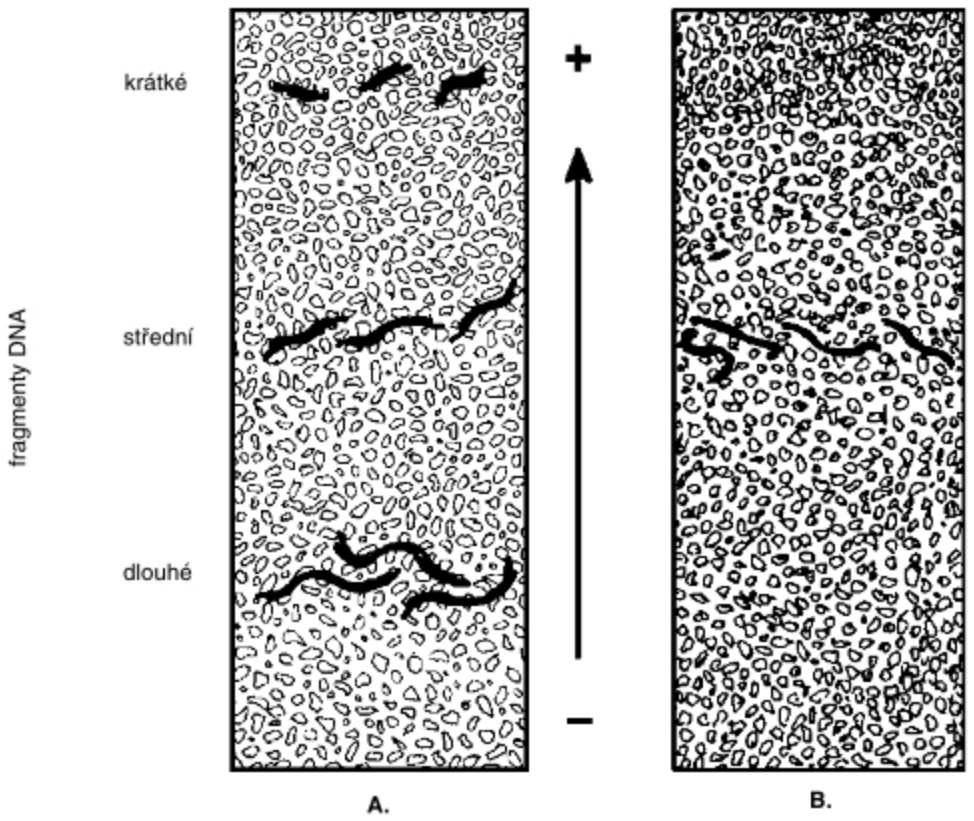
Pokud si k sekvenci doplníme i druhý řetězec, zjistíme, že se jedná o sekvenci s obráceným pořadím nukleotidů CTTAA↓G. V dsDNA budou tímto enzymem štípána vlákna ve dvou místech:

Schéma restrikce endonukleázou EcoRI
(N = libovolný nukleotid)



4. Třídění fragmentů DNA

Fragmenty molekul DNA lze dělit podle jejich délky *(molekulové hmotnosti)* elektroforézou v agarózovém gelu *(metoda PAGE)*. Délka molekul je určována srovnáním se současně děleným standardem určité molekulové hmotnosti.



Pohyb fragmentů DNA v porézním agarózovém gelu *(metoda PAGE)*
A. zkoumaný vzorek, B. standard

5. Klonování DNA *(klonování genů)*

Izolovaný fragment, nesoucí gen, který nás zajímá, potřebujeme namnožit. K tomu se používají **klonovací vektory**. Jako klonovací vektory se používají plazmidy, bakteriofágy nebo umělé chromozomy kvasinek. Postup klonování si ukážeme na příkladu, kdy se jako klonovací vektory používají upravené bakteriální plazmidy. Největší význam mají plazmidy nesoucí geny pro rezistenci k antibiotikům. Kmeny bakterií, které je ve své cytoplazmě obsahují, jsou rezistentní k léčbě antibiotiky a jsou u pacientů příčinou obtížně zvádnutelných infekcí. Na rozdíl od bakterií, které plazmidy s geny pro rezistenci ve své cytoplazmě neobsahují, jsou tedy schopny růstu na agarových živných půdách, obsahujících určité množství konkrétního antibiotika, vůči němuž jsou rezistentní. Pokud tedy do takového plazmidu je vpraven fragment DNA aniž došlo k porušení genu pro rezistenci k antibiotiku, bude bakterie plazmid intenzivně množit a sama se bude dělit, takže za několik hodin vzniknou miliony buněk obsahujících plazmidy s vloženým fragmentem DNA.

Postup: Plazmid se rozštěpí v tzv. klonovacím místě stejnou restrikční endonukleázou, kterou byla rozštěpena DNA. Lepivé *(kohezní)* konce plazmidu a fragmentu DNA se spojí DNA-ligázou a plazmid se vpraví do bakterie. Vpravení *(inkubaci)* lze uskutečnit např. intenzivním třepáním v médiu s vysokou koncentrací Ca^{2+} iontů. *(Rychlejší metodou je elektroporace, kdy se bakterie s plazmidem vystaví pulzu intenzivního elektrického proudu. Ten vyvolá krátkodobé otevření mikropórů v cytoplazmatické membráně a plazmid může projít do cytoplazmy.)*

Inkubované buňky se přenesou na živnou půdu obsahující antibiotikum. Buňky, do kterých plazmid nevnikl, jsou k antibiotiku citlivé a uhynou *(první selekce)*. Zbývá ještě vyřešit problém, jak odlišit buňky, do kterých pronikl plazmid s fragmentem DNA od buněk, do kterých vnikl plazmid bez fragmentu DNA. To se uskuteční jiným důmyslným postupem *(druhá selekce)*, dále zde již nepopisovaným.

Namnožením bakterií obsahujících plazmidy s klonovaným fragmentem dochází k mnohonásobnému zkopírování klonované DNA. Izolací plazmidů z bakterií a posléze izolací DNA se získá namnožená DNA.

Metoda klonování genů v plazmidovém vektoru se používá pro geny o délce do 10 kb, pro geny o délce do 40 kb, které nebyly předtím zkoumány *(není známá jejich sekvence)* se používají fágové vektory.

K rychlému namnožení kratších genů, jejichž sekvence je již známá, se používá metoda PCR *(viz dále)*.

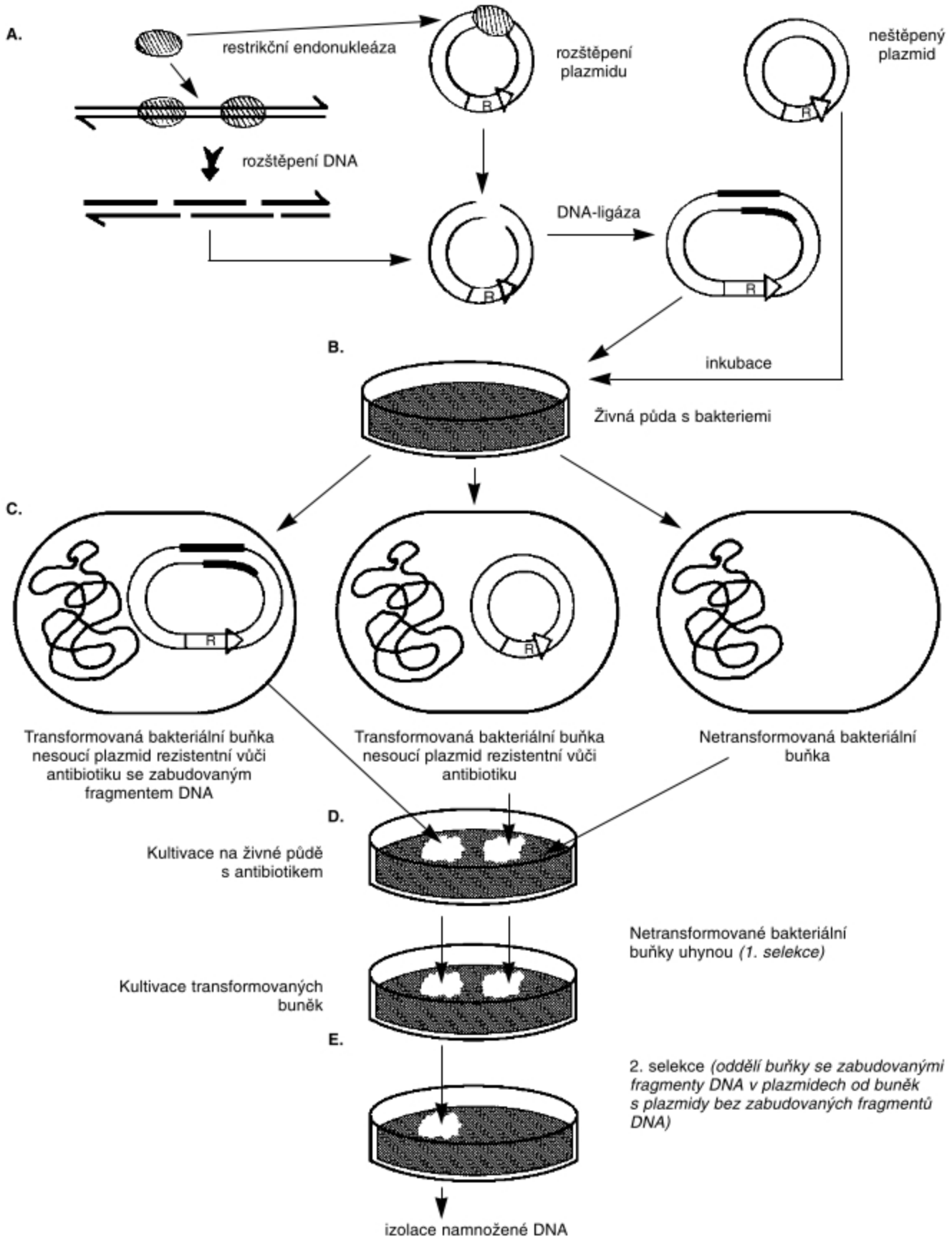


Schéma klonování a namnožení DNA

A. Štěpení DNA *(fragmentace)* a otevření plazmidového vektoru působením restrikční endonukleázy.
B. Vnesení *(inkubace)* plazmidů do hostitelské bakteriální buňky.
C. Transformované a netransformované bakteriální buňky.
D. Kultivace bakteriálních buněk v médiu obsahujícím antibiotikum *(1. selekce)*. Uhynou netransformované buňky.
E. 2. selekce namnožených transformovaných buněk oddělí buňky se zabudovanými fragmenty DNA v plazmidech od buněk s plazmidy bez zabudovaných fragmentů DNA.

6. Sekvenování DNA *(zjišťování pořadí nukleotidů ve zkoumané molekule DNA) (Sangerova metoda)*

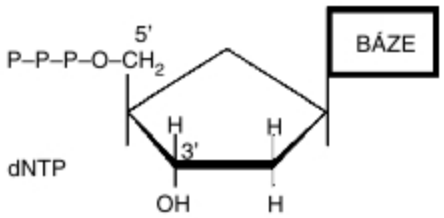
Je založeno na syntéze komplementárního řetězce DNA podle neznámé ssDNA *(jednovláknová, templátová DNA)*. Protože DNA-polymeráza není schopná zahájit syntézu nového řetězce na holém vlákně templátové ssDNA, je na počátku reakce přidán **primer** *(očko)*, umožňující nasednutí DNA-polymerázy.

Syntéza začíná na 3' konci připojením primeru *(krátké molekuly ssDNA známé sekvence nukleotidů)* ke komplementárnímu úseku templátové ssDNA na místě, odkud má začít sekvenování.

templátová ssDNA (matrice) 3' – CCGGTAGCAACT – 5'
očko (primer) 5' – GG 3' → směr syntézy komplementárního vlákna

Nato se přidá DNA-polymeráza, která rozpozná 3' konec primeru a na tomto místě ve směru 5'→ 3' umožní postupné připojování nukleotidů. Ty jsou do roztoku přidány ve formě deoxynukleotidtrifosfátů *(dNTP)*.

dNTP
- dATP (deoxyadenosintrifosfát)
- dTTP (deoxytymidintrifosfát)
- dCTP (deoxycytidintrifosfát)
- dGTP (deoxyguanosintrifosfát)



DNA-polymeráza připojí nukleotid tak, že z něj odštěpí difosfát a uvolněnou energii využije k tvorbě esterové vazby mezi zbývajícím fosfátem a OH skupinou předchozího nukleotidu na 3' konci.

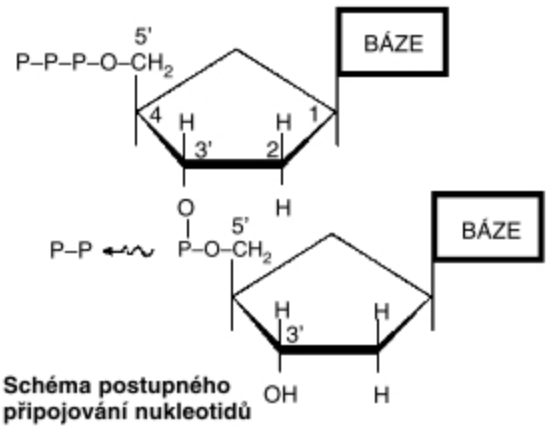
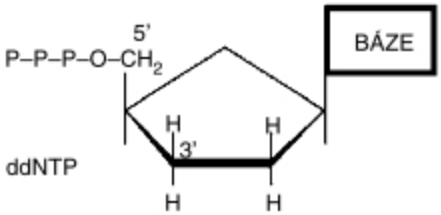


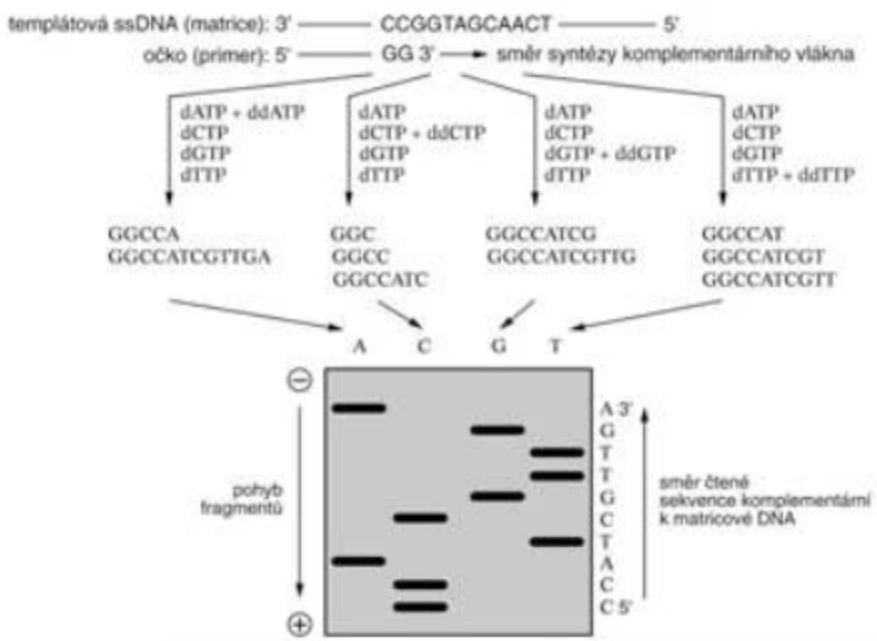
Schéma postupného připojování nukleotidů

Tak by vznikla ovšem dlouhá kopie templátové ssDNA, ze které její sekvenci nevyčteme. F. Sanger ve směsi jeden ze čtyř deoxynukleotidtrifosfátů (dNTP) nahradil dideoxynukleotidtrifosfátem (ddNTP) – nukleotidem u něhož také OH skupina v poloze 3' je nahrazena atomem vodíku.



DNA-polymeráza ho připojí k templátové ssDNA. Nebude ale již moci pokračovat v připojení dalšího nukleotidu, protože na 3' konci právě zařazeného ddNTP chybí OH skupina, potřebná k vytvoření esterové vazby. Reakce se provede tak, že ve směsi jsou zastoupeny tři normální nukleotidtrifosfáty a čtvrtý je ve směsi zastoupen oběma formami: dNTP a ddNTP v poměru 100 : 1. V roztoku vznikají rozdílně dlouhé produkty, které lze oddělit elektroforézou na gelu.

Provedou-li se 4 nezávislé reakce se čtyřmi determinujícími přídavky (ddATP, ddGTP, ddCTP, ddTTP), získají se elektroforézou pruhy ve čtyřech drahách a sekvenci nukleotidů můžeme snadno číst od nejkratšího produktu k nejdelšímu:



Závěr:

Sangerovo dideoxyterminační sekvenování je založeno na syntéze nového vlákna podle templátu jednovláknové DNA. Syntéza začíná na 3'-konci připojeného primeru a je ukončena zařazením 2',3'-dideoxynukleotidu. Je-li do reakce přidán specifický dideoxynukleotid, vznikají produkty odpovídající svou délkou pozici partnera tohoto dideoxynukleotidu v templátovém vlákně. Rozlišení délky produktů pomocí elektroforézy v gelu *(metoda PAGE)* umožní číst sekvenci od nejkratšího fragmentu k nejdelšímu.

7. Polymerázová řetězová reakce *(PCR)*

Je technika umožňující přímo množit *(amplifikovat)* zvolený úsek DNA vymezený vazbou dvou jednovláknových oligonukleotidů, tzv. primerů. Využívá vlastnosti termostabilních DNA-polymeráz, izolovaných z termofilních bakterií, žijících v podmínkách vysokých teplot *(např. v okolí podmořských sopek)*. Tyto DNA-polymerázy pracují optimálně při teplotě okolo 75 °C a snášejí jen s malým úbytkem krátkodobě teploty i nad 90 °C. Umožňují v jedné zkumavce provádět proces znázorněný níže na schématu.

Ve zkumavce jsou na počátku PCR v reakční směsi:

a) dsDNA, jejíž úsek chceme namnožit *(templátová DNA)*

b) dva jednovláknové oligonukleotidy *(primery, očka)* schopné vázat se na komplementární sekvence templátové DNA

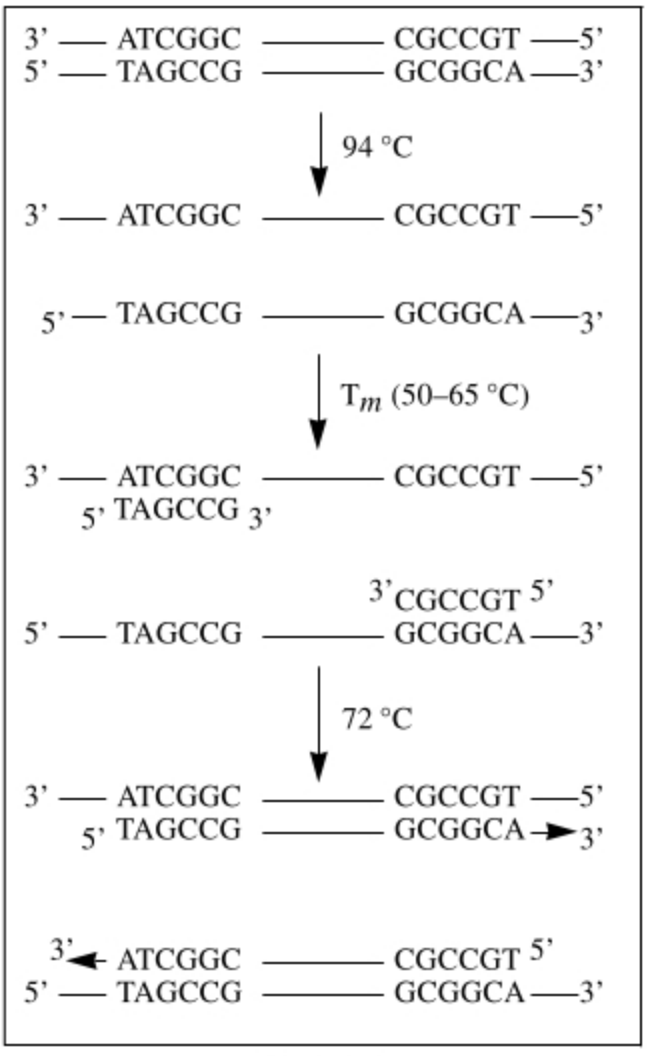
c) termostabilní DNA-polymeráza

d) dNTPs *(deoxynukleosidtrifosfáty)* sloužící jako stavební jednotky nově syntetizované DNA

Reakce je kontrolována změnami teplot a probíhá ve třech krocích:

1. zahřátí na 94 °C vede k denaturaci dsDNA,
2. ochlazení na 50–65 °C umožní nasednutí primerů na místa komplementární sekvence v templátové DNA,
3. zahřátí na teplotu 72 °C vede k aktivaci termostabilní DNA-polymerázy, která rozpozná 3'- volné konce a syntetizuje podle denaturované templátové DNA nový řetězec ve směru 5'→ 3'.

Zmíněné a zobrazené tři teplotní kroky se neustále opakují. Nově syntetizovaná vlákna v následujícím kroku slouží jako templát, a tak každým opakovaným postupem se počet produktů zdvojnásobí a výtěžek kopírovaného úseku je mnohonásobný *(roste geometrickou řadou)*.



Kroky PCR

Závěr:

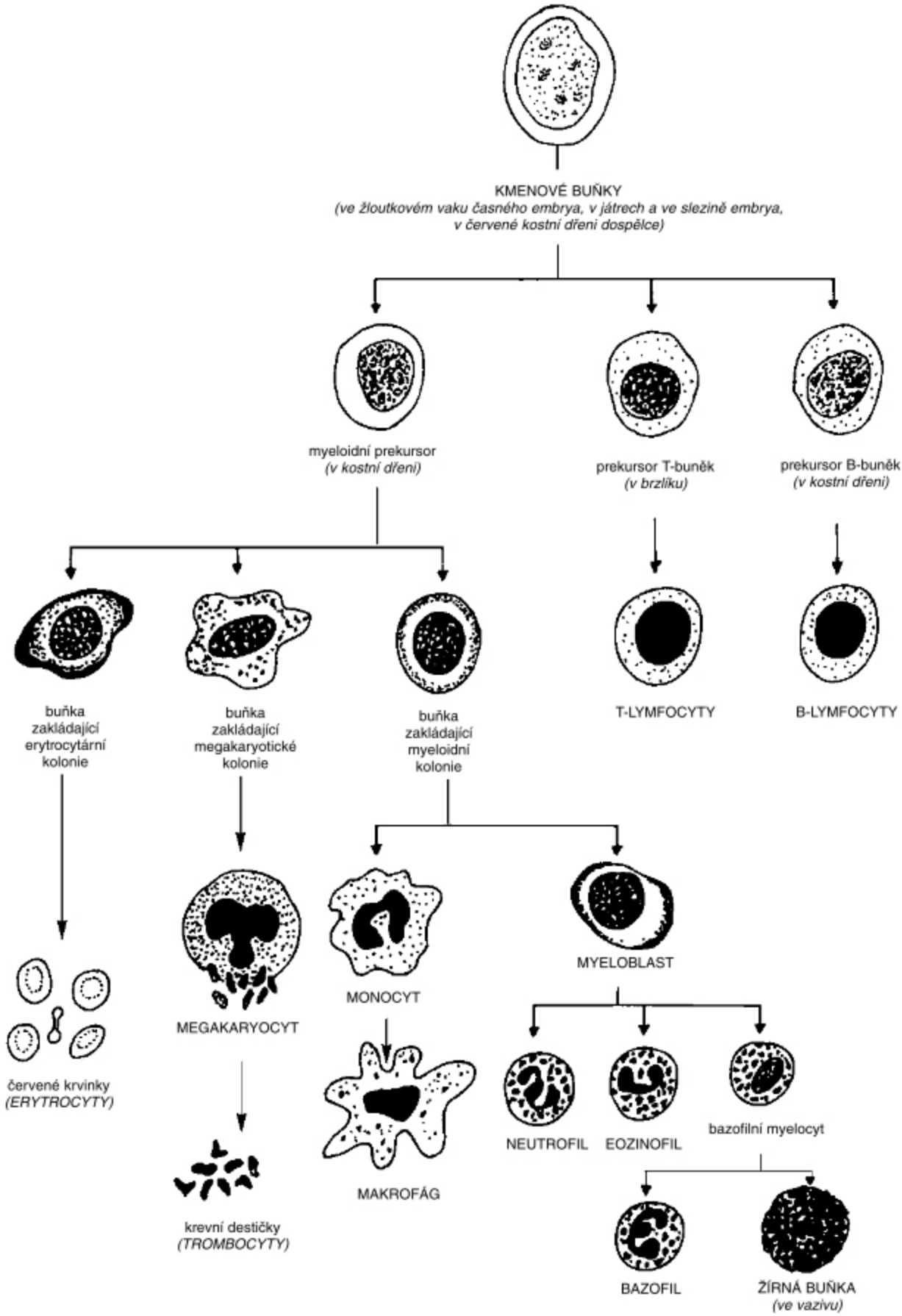
Metoda PCR je formou *„bezbuněčného molekulového klonování"*, které trvá průměrně 2–4 hodiny, zatímco použití klonovacích metod vyžaduje dobu několika dnů až týdnů.

Význam metody PCR:

Pomocí PCR lze potvrdit přítomnost určité DNA ve vzorku. Využívá se k rychlé diagnostice infekčních onemocnění, k detekci translokace chromozomů, v soudním lékařství, kdy z jediného vlasu, tělesné buňky či spermie lze jednoznačně identifikovat osobu. Polymerázová řetězová reakce je také velmi specifická – namnoží *(amplifikuje)* se pouze úsek DNA sevřený mezi primery, které jsme připravili. Díky tomu můžeme rozeznat i jedinou určitou buňku *(přesněji její DNA)* mezi stovkami jiných, a tak například velmi brzy rozhodnout, zda se transplantace kostní dřeně zdařila, nebo ne. Uvedené příklady jsou ovšem jen zlomkem možností, které nám PCR poskytuje. V současné době je to jedna z nejúčinnějších a nejvíce se rozvíjejících metod molekulární biologie.

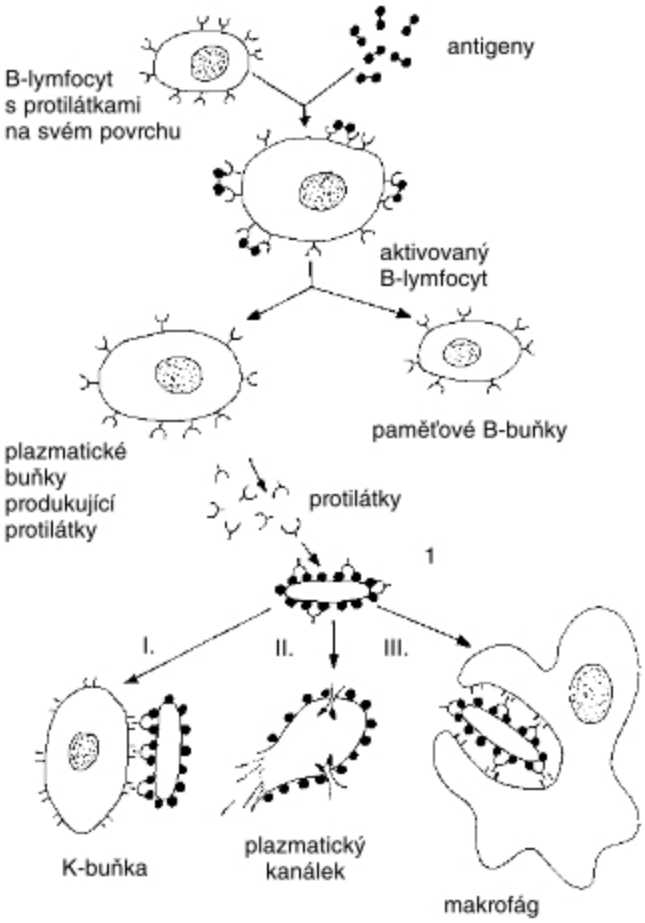
DOPLŇKY

ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA VÝVOJE KREVNÍCH BUNĚK *(HEMOPOÉZA)*



LYMFOCYTY B a LYMFOCYTY T

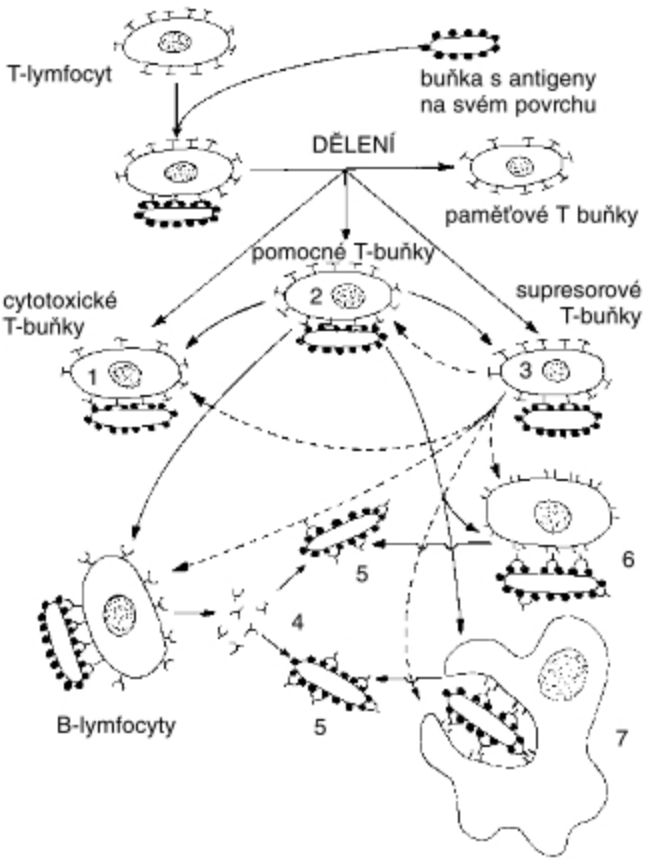
B-lymfocyty jsou malé buňky, které mohou pronikat z krve do mízních tkání protlačováním mezi endotelovými buňkami krevních vlásečnic. Vazbou **antigenů** *(cizorodých bílkovin, polysacharidů)*, nebo **patogenů** *(virů, bakterií, parazitických hub či prvků)* na svém povrchu jsou aktivovány. Nápadně se zvětší a začnou se dělit. Dělením vznikají jednak menší **paměťové buňky**, jednak větší **plazmatické buňky** produkující protilátky.



Stimulace B-lymfocytů antigenem

1 – protilátky se ihned vážou k antigenům *(nacházejícím se např. na povrchu bakterií)* a jsou příčinou vzniku tří druhů reakcí:
I. Označené bakteriální buňky jsou zničené K-lymfocyty *(zabíječskými buňkami)*
II. Vázané protilátky k antigenům na povrchu bakterií aktivují plazmatické bílkoviny, které katalyzují tvorbu membránových kanálků, kterými do nitra bakterií vnikají molekuly vody. Bakterie zvětšují svůj obsah až posléze prasknou – lýzují.
III. Označené bakteriální buňky jsou fagocytovány makrofágy.

T-lymfocyty nesou na svém povrchu receptory, na které se vážou svými antigeny cizorodé buňky, buňky napadené viry nebo vlastní pozměněné buňky. Vazbou s antigeny jsou T-buňky aktivovány a ihned se začnou dělit. Dávají jednak vznik **paměťovým T-buňkám**, jednak třem rozdílným druhům aktivovaných buněk: **cytotoxickým T-buňkám, pomocným T-buňkám a supresorovým T-buňkám**.



Působení T-lymfocytů

Cytotoxické T-buňky (1) se vážou k antigenům cizorodých buněk a tyto buňky ničí.
Pomocné T-buňky (2) po vazbě s antigenem uvolňují mediátory *(interleukiny)* aktivující nejen T-buňky, ale i lymfocyty B, makrofágy a také supresorové T-buňky (3) uvolňující látky s účinkem inhibičním, 4 – protilátky, 5 – protilátky vázané na antigeny, 6 – K-lymfocyty, 7 – makrofágy.

Rovnováha mezi inhibicí a aktivací určuje imunitní odpověď organismu.

AIDS

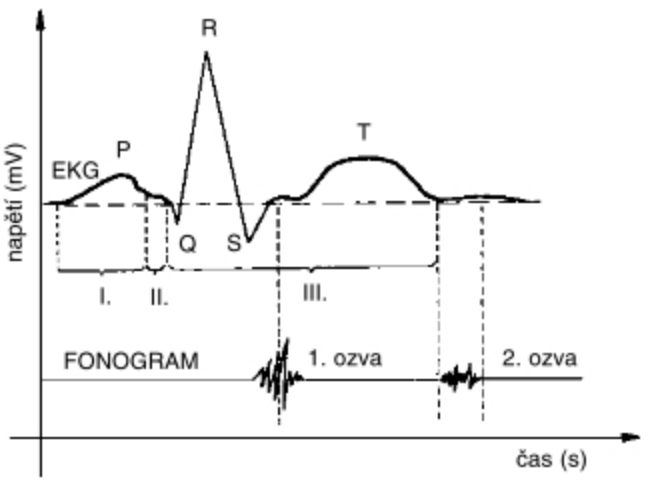
AIDS *(Acquired Immune Deficiency Syndrom)* – **syndrom získaného selhání imunity** je smrtelné onemocnění imunitního systému. Původcem je virus HIV *(Human Immunodeficiency Virus)*. Patří mezi **retroviry**, což jsou RNA-viry obsahující enzym **reversní transkriptázu**, katalyzující přepis virové RNA do DNA. Ta může v infikované buňce existovat v neintegrované formě nebo může být začleněna do genomu buňky. Viry HIV přednostně infikují lymfocyty T4 *(skupina pomocných T-lymfocytů)* a v nich zůstávají skryté různě dlouhou dobu *(několik měsíců až let)*, než přejdou do virulentní fáze a patologicky se projevují tvorbou nádorů, zvýšenou citlivostí organismu na patogenní mikroorganismy, nervovými poruchami. Onemocnění AIDS je zatím nevyhnutelně smrtelné.

Virus HIV je přenášen krví a spermatem, je přítomen též v slzách a slinách. Dosud proti němu neexistuje účinný lék. Počet nemocných se celosvětově hrozivě zvyšuje – každý rok se přibližně zdvojnásobuje.

ZEVNÍ PROJEVY SRDEČNÍ ČINNOSTI

Při činnosti srdečního svalu vznikají jednak zvukové projevy – **ozvy srdeční**: první systolická *(delší a hlubší)* a druhá diastolická *(kratší a vyšší)*, jednak **projevy elektrické**, které můžeme pomocí elektrod, umístěných na určitých místech těla, snímat, vhodným zařízením zesílit a zaznamenat.

Přístroj umožňující tento záznam, se nazývá elektrokardiograf. Křivka, kterou přístroj zaznamenává, je **elektrokardiogram *(EKG)***. Ze změn elektrokardiogramu může lékař usuzovat na změny a poruchy srdeční činnosti.



Srovnání EKG a fonogramu srdeční činnosti
I. úsek *(vlna P)* odpovídá stahu předsíní
II. úsek odpovídá převodu vzruchu můstkem
III. úsek *(komplex QRST)* odpovídá stahu komor

KALORICKÉ TABULKY

Energetická hodnota potravin

Ve 100 g	kJ
ovesné vločky	1640
rýže	1340
houska	1130
chléb žitný	1040
nudle	1500
čočka	1420
hrách	1380
hrách vařený	290
boby sójové	1790
cukr hroznový	1690
káva žitná	1330
brambory	400
fazole	160
květák	130
kapusta	150
mrkev	190
rajčata	110
salát hlávkový	70
špenát	80
zelí	100
jablka	250
víno bílé	250
rum	1550
hovězí maso	500
telecí maso	500
vepřové maso	600
játra	540
mozek	490
salám	2360
kuře	520
husa	2050
šunka uzená	1670
mléko kravské	280
podmáslí	150
smetana sladká	520
jogurt	230
sýr smetanový	1340
tvaroh měkký	410
ementál	1770
vejce	620
máslo	3280
sádlo vepřové	3870
olej olivový	3870
mouka ječná	1500
mouka ovesná	1650
mouka pšeničná	1250

Denní množství živin v závislosti na pohlaví, věku, práci

Věk, pohlaví, práce	kJ	bílkoviny (g)	tuky (g)	sacharidy (g)
děti do 7 let	7 700	55	60	260
děti do 12 let	10 000	60	90	320
chlapci 13 až 15 let	12 500	75	100	430
dívky 13 až 15 let	10 500	70	90	340
chlapci 16 až 20 let	14 600	95	130	460
dívky 16 až 20 let	11 300	60	100	370
muž 70 kg pracující – lehce	10 500	70	70	370
muž 70 kg pracující – středně	13 400	70	105	470
muž 70 kg pracující – těžce	18 800	70	145	660
žena 58 kg pracující – lehce	8 800	58	60	310
žena 58 kg pracující – středně	10 500	58	70	370
žena 58 kg pracující – těžce	12 600	58	100	440
těhotná	13 000	80	100	460
kojící	13 400	100	105	470

PŘEHLED VITAMÍNŮ

Rozpustné v tucích

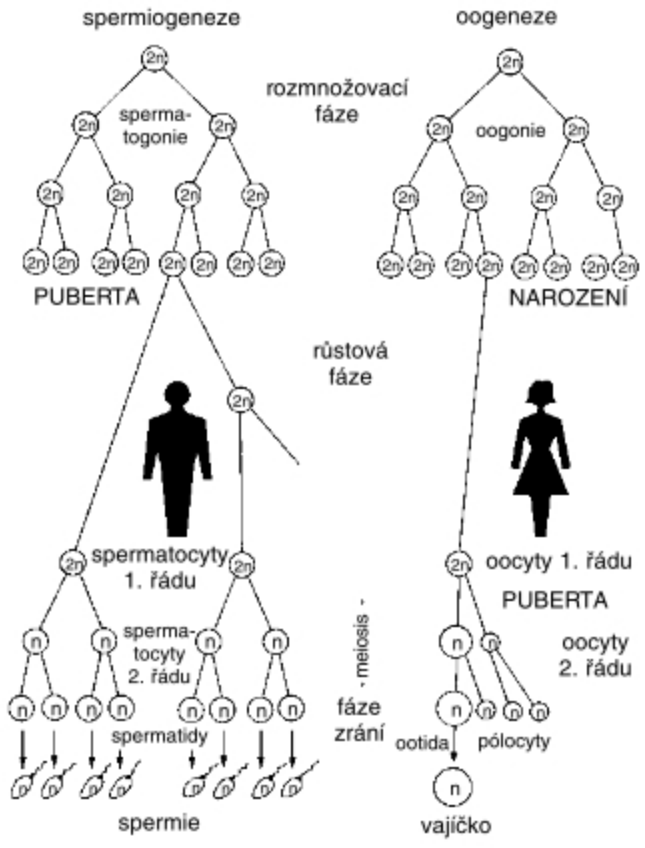
Název	Denní dopor. dávka	Zdroj	Význam	Projevy nedostatku
Vitamin A *(retinol, axeroftol)*	1,8 až 2 mg	mléčný tuk, vaječný žloutek, játra, rybí tuk i maso; zdrojem provitamínů, tj. karotenů, je barevná zelenina, zejména mrkev	zajišťuje vidění – tvoří oční purpur, podílí se na tvorbě bílkovin v kůži a ve sliznicích	šeroslepost až slepota, rohovatění kůže a sliznice, ucpávání vývodů žláz, postižení skloviny i zuboviny
Vitamin D *(vitamin anti-rachitický)*	0,15 mg	rybí tuk; ozářením ultrafialovou částí slunečních paprsků vzniká v malém množství v kůži	podílí se na řízení metabolismu vápníku a fosforu v těle	organismus ztrácí vápník a fosfor, snaží se jej nahradit z kostí – za vývoje vzniká křivice, v dospělosti měknutí kostí *(osteomalacie)*
Vitamin E *(tokoferol)*	5–30 mg	obilné klíčky	podporuje činnost pohlavích žláz a správný průběh těhotenství	některé gestační poruchy
Vitamin K *(vitamin antihemorrhagický)*	1 mg	listové zeleniny, kvasnice; v tlustém střevě je tvořen činností mikroorganismů *(Bakterium coli)*	oxidoreduktasa; významný pro tvorbu protisrážlivé látky protrombinu	krvácení do tkání a tělesných dutin; krvácení mozku může být příčinou smrti

PŘEHLED VITAMÍNŮ

Rozpustné ve vodě

Název	Denní dopor. dávka	Zdroj	Význam	Projevy nedostatku
Vitamin B_1 *(thiamin, aneurin)*	1,5 mg	obiloviny *(zejm. klíčky)*, játra, vepřové maso	zasahuje především do metabolismu cukrů, zejména v centrálním nervstvu a ve svalech; podporuje činnost trávicího ústrojí	zvýšená únava, sklon ke křečím svalstva, srdeční a trávicí poruchy, dispozice k zánětům nervů až onemocnění beri-beri
Vitamin B_2 *(riboflavin, laktoflavin)*	1,8 mg	mléko, maso, kvasnice	jako účinná složka žlutého dýchacího fermentu je v každé buňce, kde se účastní oxidací živin	zardělost a palčivost jazyka, zduření rtů, bolavé ústní koutky, poruchy sliznice hltanu a hrtanu
Vitamin B_5 *(kyselina pantotenová)*	7–10 mg	játra, kvasnice, hrách, maso, ryby, mléko, vejce	má účast v oxidoreduktasách a umožňuje syntézu bílkovin; jako koenzym A má centrální postavení v metabolismu	různé degenerace; u člověka pálení chodidel
Vitamin B_6 *(pyridoxin)*	2 mg	kvasnice, obilné klíčky, maso, mléko, luštěniny	podporuje účinek vitaminu B_2 a B_1	pomalé hojení zánětů, zhoršená regenerace sliznic
Kys. nikotinová *(vitamin PP, niacin)*	15–20 mg	játra, ledviny, maso, kvasnice, houby	klíčová pro syntézu ribonukleových kyselin a bílkovin	záněty kůže, celková sešlost, poškození mozku
Kyselina listová *(folová)*	0,5–1 mg	listové zeleniny, játra	zasahuje do metabolismu aminokyselin, je nutná pro tvorbu červených krvinek	chudokrevnost
Vitamin B_{12} *(kobalamin)*	1 mg	játra, maso; činností bakterií se také tvoří ve střevě	nutný pro udržení normální krvetvorby	perniciosní anémie
Vitamin C *(kyselina askorbová)*	50–70 mg	syrové ovoce a zelenina	katalyzuje oxidaci živin, udržuje dobrý stav vaziva a chrupavek podporuje tvorbu protilátek	únava, snížená odolnost proti nakažlivým nemocem, krvácení, vypadávání zubů; při avitaminose vzniká smrtelné onemocnění – kurděje *(skorbut)*
Biotin *(vitamin H)*	0,15 až 0,3 mg	kvasnice, játra, ledviny; k úhradě přispívá biosyntéza ve střevě	je ve všech živočišných buňkách, podporuje jejich růst a dělení	záněty kůže, atrofie papil jazyka, únavnost, deprese, svalové bolesti, nechutenství

GAMETOGENEZE



Gametogeneze

Vývoj pohlavních buněk *(gametogeneze)*, samčích pohlavních buněk *(spermiogeneze)* a samičích pohlavních buněk *(oogeneze)* se uskutečňuje v gonádách. Ve vývoji obou typů pohlavních buněk můžeme rozlišit tři fáze:

– fázi rozmnožovací,
– fázi růstovou,
– fázi zrání.

❑ SPERMIOGENEZE

Samčí gamety se vyvíjejí v semenných kanálcích ze zárodečného epitelu. V něm vznikají samčí prapohlavní buňky – **spermatogonie**, které se ve fázi rozmnožovací mitoticky dělí. Mají kulovitý tvar a jsou uloženy na okraji semenných kanálků. V pohlavní zralosti se spermatogonie zvětšují *(růstová fáze)* a mění se na **spermatocyty I. řádu** (2n), které jsou uloženy nad vrstvou spermatogonií. Procházejí meiotickým dělením. Při prvním zracím dělením vznikají haploidní **spermatocyty II. řádu** (n), uložené ve vrstvě nad vrstvou spermatocytů I. řádu. Druhým zracím dělením ze spermatocytů II. řádu vznikají **spermatidy *(n)***, uložené těsně na vnitřním okraji semenných kanálků. Konečné vyzrávání, kdy buňky získají charakteristický tvar s bičíkem, probíhá v **Sertoliho buňkách**.

Celý proces zrání spermie trvá asi 74 dní a odhaduje se, že muž, počínaje pubertou, do konce svého života vyprodukuje asi 12 bilionů spermií.

❑ OOGENEZE

Vajíčka se začínají vyvíjet z prapohlavních samičích buněk – **oogonií** (2n). Ty se mitoticky dělí *(rozmnožovací fáze)*. V růstové fázi dochází u nich ke zmnožení žloutku a k jejich přeměně na **oocyty I. řádu** (2n). U člověka množení oogonií a narůstání oocytů probíhá a končí ještě za nitroděložního vývoje, nejpozději do třetího měsíce po narození. Oocyty I. řádu leží v korové vrstvě vaječníku a jsou obklopeny folikulárními buňkami. Zrání vajíček probíhá až od puberty v Graafových folikulech. Při prvním zracím dělení z oocytu I. ř. vznikne haploidní **oocyt II. ř.** (n) a **první pólové tělísko** (n). Při druhém zracím dělení, které probíhá až po ovulaci, z oocytu II. ř. vznikne **ootida** (n) a **druhé pólové tělísko** (n), z prvního pólového tělíska vzniknou dvě malá pólová tělíska (n). Výsledkem meiotického dělení jsou tedy tři pólová tělíska *(pólocyty)*, které zanikají, a jedna **ootida**, která se mění na **vajíčko**. Zrání vajíček se uskutečňuje v pravidelných 28denních cyklech. Během reprodukčního období ženy *(asi do 50 let věku)* tak uzraje celkem asi 400 vajíček.

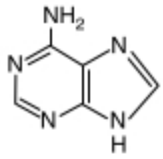
MENDELŮV ŽIVOTOPIS

Johann Gregor Mendel se narodil 22. 7. 1822 v Hynčicích na Moravě v rodině rolníka. Jeho otec se věnoval sadařství a chovu včel. Nadaný chlapec studoval v letech 1833–1840 v piaristické škole v Lipníku a na gymnáziu v Opavě. V r. 1840 byl přijat na filozofickou fakultu při univerzitě v Olomouci, kterou absolvoval s vynikajícím prospěchem. V r. 1843 vstoupil do kláštera augustiniánů v Brně. V klášteře byla v té době řada mnichů, kteří působili jako učitelé a badatelé a kteří významně ovlivnili kulturní a vědecký život v Brně. Své přírodovědné vzdělání si Mendel rozšířil studiem na univerzitě ve Vídni. Po svém vysvěcení r. 1849 se stal učitelem matematiky a řečtiny na gymnáziu ve Znojmě a od r. 1854 učil po 14 let na státní reálce v Brně přírodovědné předměty až do svého zvolení opatem kláštera. V těchto letech prováděl pokusy s křížením rostlin. Svá exaktní pozorování statisticky vyhodnocoval. Tak se mu podařilo experimentálně dokázat, že dědičnost organismů lze objasnit jednotným mechanismem. V roce 1865 přednesl v Přírodovědném spolku v Brně přednášku o výsledcích svých pokusů – **„Pokusy s rostlinnými hybridy“**. Přednáška byla publikována v pojednáních přírodovědného spolku a zaslána do mnoha univerzitních knihoven v Evropě. Zůstala však nepochopena a nevzbudila v té době větší ohlas. O tolik totiž Mendel předběhl svými výzkumy dobu.

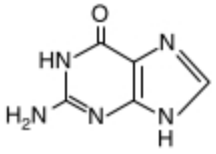
Výsledek jeho výzkumů byl uznán teprve o 35 let později *(roku 1900)*, kdy nezávisle na sobě a téměř současně objevili zákony dědičnosti, poprvé formulované Mendelem, tři učenci *(De Vries, Correns a Tschermak)*.

STRUKTURA A SLOŽENÍ NUKLEOVÝCH KYSELIN

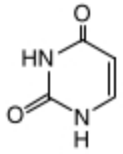
Základními stavebními jednotkami nukleových kyselin jsou **purinové báze** *(adenin, guanin)*, **pyrimidinové báze** *(uracil, thymin, cytosin)*, **pentosy** *(ribosa a deoxyribosa)* a **kyselina fosforečná.**



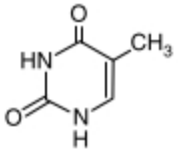
adenin (A)



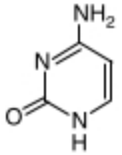
guanin (G)



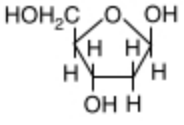
uracil (U)



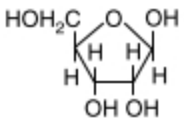
thymin (T)



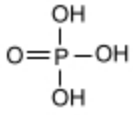
cytosin (C)



2-deoxy-*β*-D-ribosa



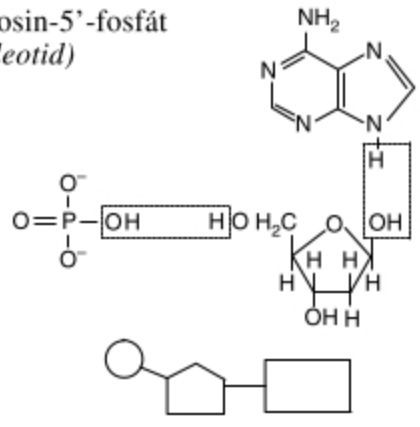
β-D-ribosa



kyselina fosforečná

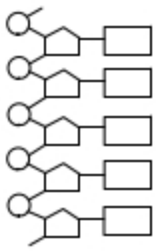
Spojením báze s pentosou a s kyselinou fosforečnou vznikne **nukleotid**, který je základní strukturní jednotkou nukleových kyselin.

adenosin-5'-fosfát
(nukleotid)

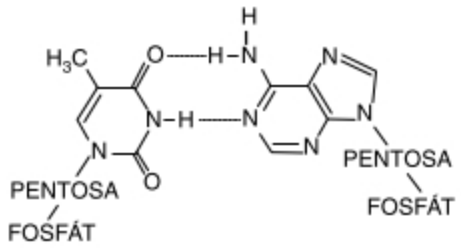


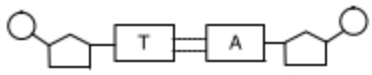
Obecné schéma nukleotidu

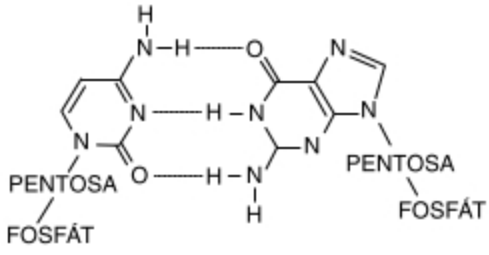
Nukleotidy se spojují prostřednictvím diesterických vazeb *(pentosa–fosfát–pentosa–fosfát…)* a tvoří **polynukleotidový řetězec.**



Molekula DNA je tvořena dvěma protiběžnými polynukleotidovými řetězci, navzájem spojenými vodíkovými vazbami mezi bázemi obou řetězců. Mezi adeninem a thyminem *(u RNA uracilem)* se mohou vytvořit 2 vodíkové vazby, mezi guaninem a cytosinem 3 vodíkové vazby.Tato skutečnost je příčinou vzájemné **komplementarity bází** a **je podstatou genetického kódování**.



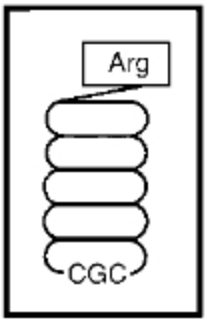




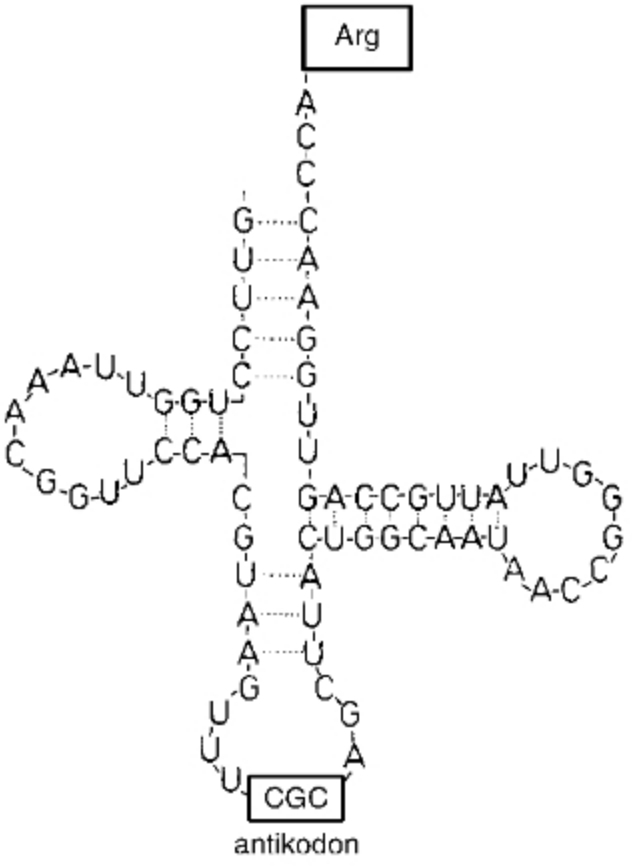
Komplementarita bází

Ribonukleové kyseliny obsahují místo thyminu uracil a jejich cukerná složka je tvořena *β*-D-ribózou. Jejich makromolekuly jsou tvořeny většinou jedním polynukleotidovým řetězcem. Specifickou strukturou se vyznačují **transferové ribonukleové kyseliny.**

Transferová ribonukleová kyselina tRNA přenáší příslušné aminokyseliny, potřebné k tvorbě polypeptidického řetězce při proteosyntéze. Protože proteinogenních aminokyselin je dvacet, existuje nejméně 20 různých transferových ribonukleových kyselin. Jejich molekuly jsou složeny z přibližně 80 nukleotidů. Jsou primárně jednovláknové, ale určité oblasti s komplementárními bázemi se k sobě připojují vodíkovými vazbami, takže v těchto oblastech vznikají sekundárně dvouřetězcové struktury, podobné molekule DNA. Jeden konec vlákna je vždy zakončen sekvencí CCA. K připojení aminokyseliny k molekule tRNA dochází v cytoplazmě za katalytického působení enzymů *(aminoacyl-tRNA-syntetáz)*. O tom, jaká aminokyselina se váže na určitou molekulu tRNA, rozhoduje určitá část jednovláknového úseku, kde se nachází trojice bází – **antikodon**.



Schematické znázornění molekuly tRNA s navázaným argininem



Molekula tRNA s navázaným argininem

REVERZNÍ TRANSKRIPCE

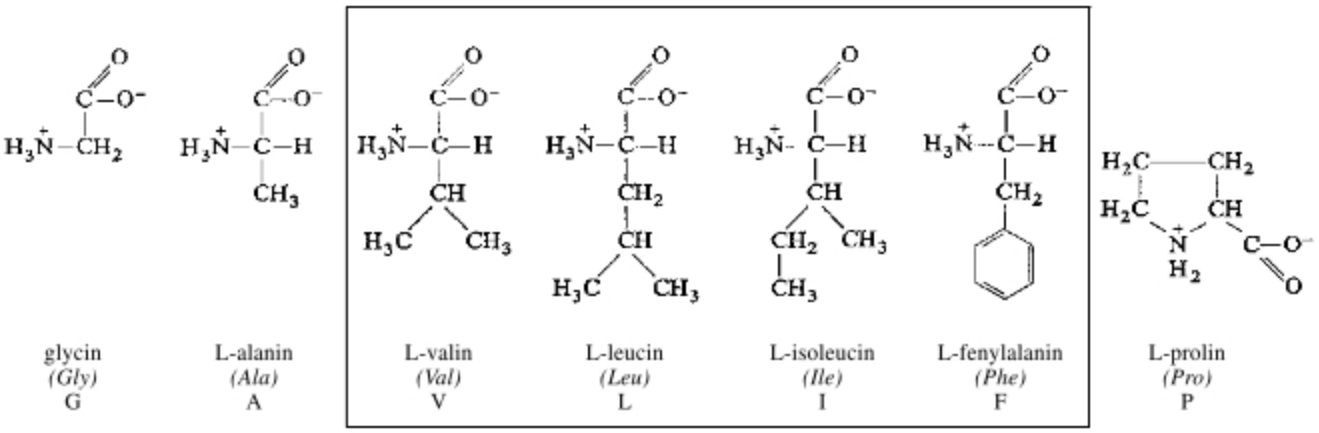
Retroviry *(RNA-viry s jednořetězcovou RNA – například nádorové viry, nebo virus HIV)* nesou gen kódující **RNA-dependentní DNA-polymerázu** neboli **reverzní transkriptázu**.

Hostitelská eukaryotní buňka po infekci takovým virem potom podle informace obsažené v tomto genu tento enzym syntetizuje a ten následně přepíše celou virovou genomovou RNA do komplementárního řetězce ssDNA za vzniku **hybridu RNA-DNA**. Enzym potom odboural RNA a replikuje jednovláknovou ssDNA za vzniku dvoušroubovice dsDNA, která se začlení do genomu hostitelské buňky a stane se tak provirovou.

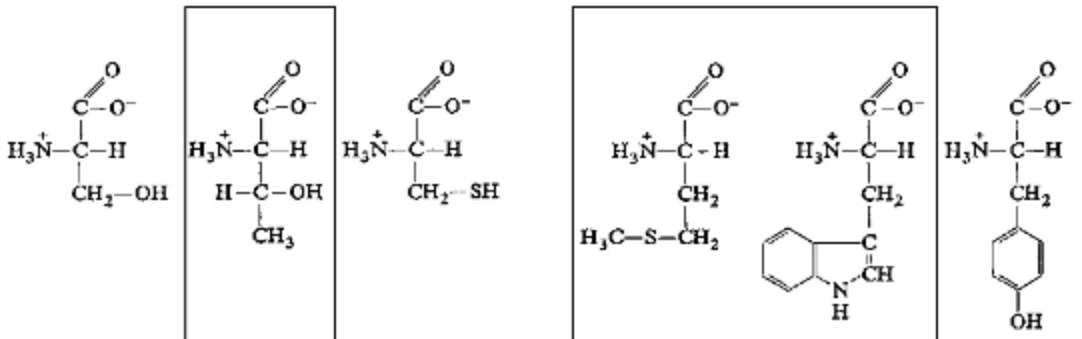
Reverzní transkriptáza se stala účinným nástrojem genového inženýrství, díky své schopnosti přepisovat m-RNA do komplementárních vláken DNA.

PŘEHLED PROTEINOGENNÍCH AMINOKYSELIN

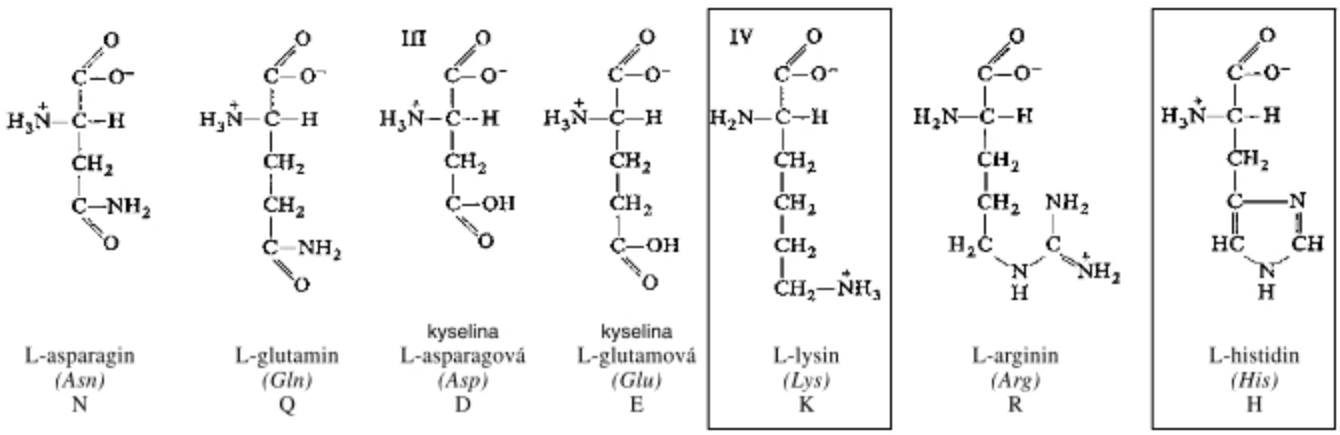
Při označování aminokyselin používáme třípísmenkové *(případně jednopísmenkové)* zkratky.
(Zarámované jsou pro člověka esenciální)



glycin *(Gly)* G | L-alanin *(Ala)* A | L-valin *(Val)* V | L-leucin *(Leu)* L | L-isoleucin *(Ile)* I | L-fenylalanin *(Phe)* F | L-prolin *(Pro)* P



L-serin *(Ser)* S | L-threonin *(Thr)* T | L-cystein *(Cys)* C | L-methionin *(Met)* M | L-tryptofan *(Trp)* W | L-tyrosin *(Tyr)* Y



L-asparagin *(Asn)* N | L-glutamin *(Gln)* Q | kyselina L-asparagová *(Asp)* D | kyselina L-glutamová *(Glu)* E | L-lysin *(Lys)* K | L-arginin *(Arg)* R | L-histidin *(His)* H

DĚDIČNOST KREVNÍCH SKUPIN

Krevní skupiny člověka patří mezi **monogenní** *(podmíněné jedním genem)* **kvalitativní znaky**. Krevní skupiny 0, A, B, AB jsou podmíněny přítomností nebo absencí bílkovin *(aglutinogenů)* A a B v červených krvinkách.

Alely A a B jsou kodominantní, alela 0 je vůči nim recesivní.

fenotyp	genotypy	aglutinogen v červených krvinkách
skupina A	AA nebo A0	A
skupina B	BB nebo B0	B
skupina 0	00	–
skupina AB	AB	A i B

Příklad:

Jaké krevní skupiny mohou zdědit děti rodičů, jestliže otec je nositelem krevní skupiny 0 a matka nositelkou krevní skupiny B?

Řešení:

Děti mohou být nositeli krevních skupin B a 0.

Genotyp rodičů:	00		BB nebo B0
Gamety	0	B	0
Potomci:	0B		00

PŘÍKLADY GENETICKÝCH CHOROB ČLOVĚKA

❑ **GALAKTOSEMIE**

je příkladem **genové *(molekulární)* choroby**, při níž postižený organismus není schopen vytvářet enzym *(galaktózo-1-uridyltransferázu)*. U homozygotů se veškerá galaktóza z mléčné potravy nerozkládá a zůstává ve formě galaktózo-1-fosfátu, který se v organismu hromadí v různých orgánech. Tím dochází k jejich poškození *(jaterní buňky odumírají, takže vzniká žloutenka; ledviny propouštějí do moče bílkoviny a aminokyseliny; oční čočka se zakaluje; snižuje se obsah glukózy v krvi; zpomaluje se psychický vývoj; zvětšuje se slezina aj.)*. Genetická informace jediné alely se tedy promítá do celé řady chorobných znaků. Tento jev se označuje jako **pleiotropní účinek**. Vzniku této choroby lze předejít absolutním vyloučením mléka a mléčných výrobků ze stravy.

❑ **SRPKOVITÁ ANEMIE**

Je jiným příkladem genového onemocnění s pleiotropním účinkem. Toto onemocnění je příčinou úmrtí postižených jedinců před dosažením dospělosti. Alela mutovaného genu je označována Hb^S *(normální nemutovaná alela Hb^A)*. Alela Hb^S je příčinou několika snadno pozorovatelných fenotypových znaků:

a) červené krvinky mají protáhlý, srpkovitý tvar a obsahují nefunkční vláknité molekuly hemoglobinu;

b) proudění krve v krevních kapilárách je blokováno, tkáně jsou nedostatečně zásobeny kyslíkem, což se projevuje bolestmi kloubů a břicha;

c) slezina je zvětšená, neboť v ní dochází k odbourávání a odstraňování srpkovitých krvinek;

d) celkový počet červených krvinek se zmenšuje o nefunkční srpkovité krvinky a dochází k letální anemii;

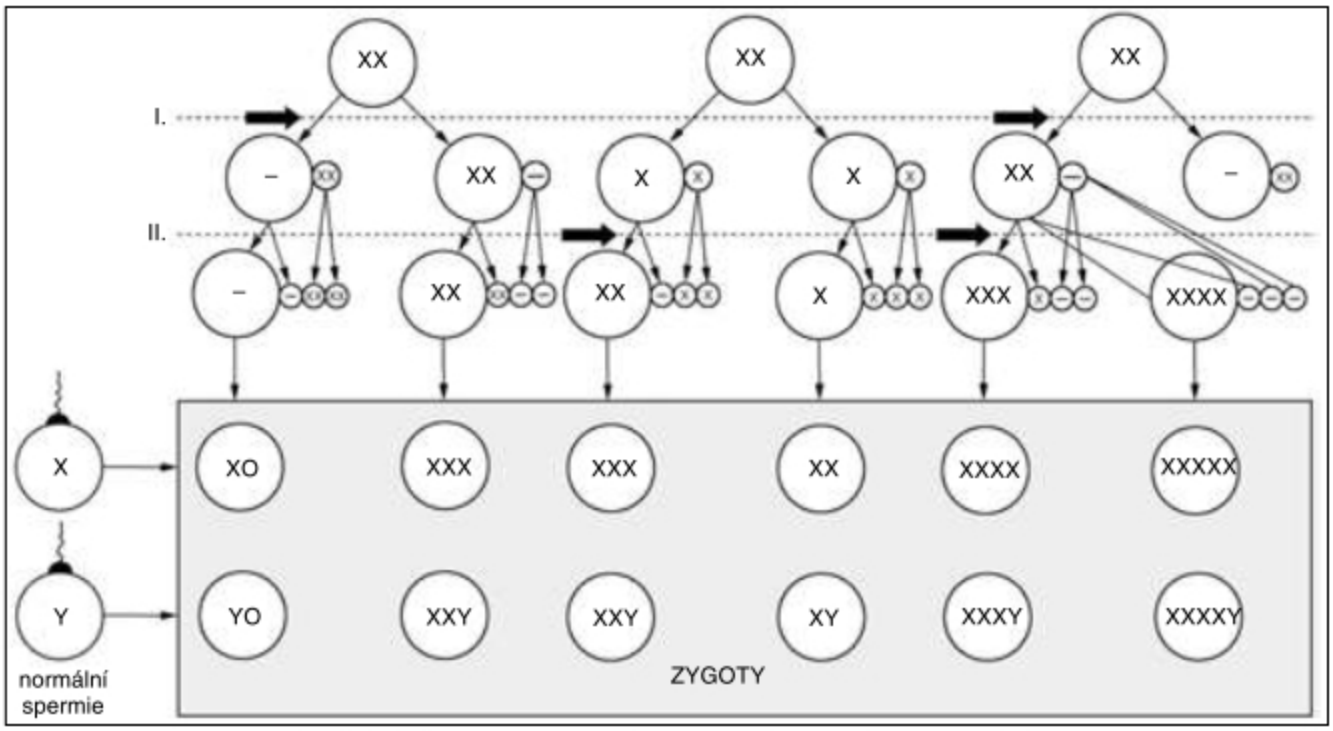
e) heterozygotní jedinci Hb^AHb^S jsou odolní proti malárii. Tito jedinci produkují normální i nefunkční molekuly hemoglobinu. Původci malárie napadají přednostně srpkovité krvinky, které jsou zničeny ve slezině, zatímco normální krvinky procházejí slezinou beze změny.

Z výše uvedeného vyplývá, že mutovaný gen Hb^S uděluje postiženému jedinci odolnost vůči malárii. V oblastech výskytu malárie homozygoti Hb^SHb^S umírají na následky srpkovité anemie, homozygoti Hb^AHb^A na onemocnění malárií. Heterozygoti naopak v takových oblastech přežívají a mutovanou alelu Hb^S s negativním pleiotropním účinkem předávají do dalších generací.

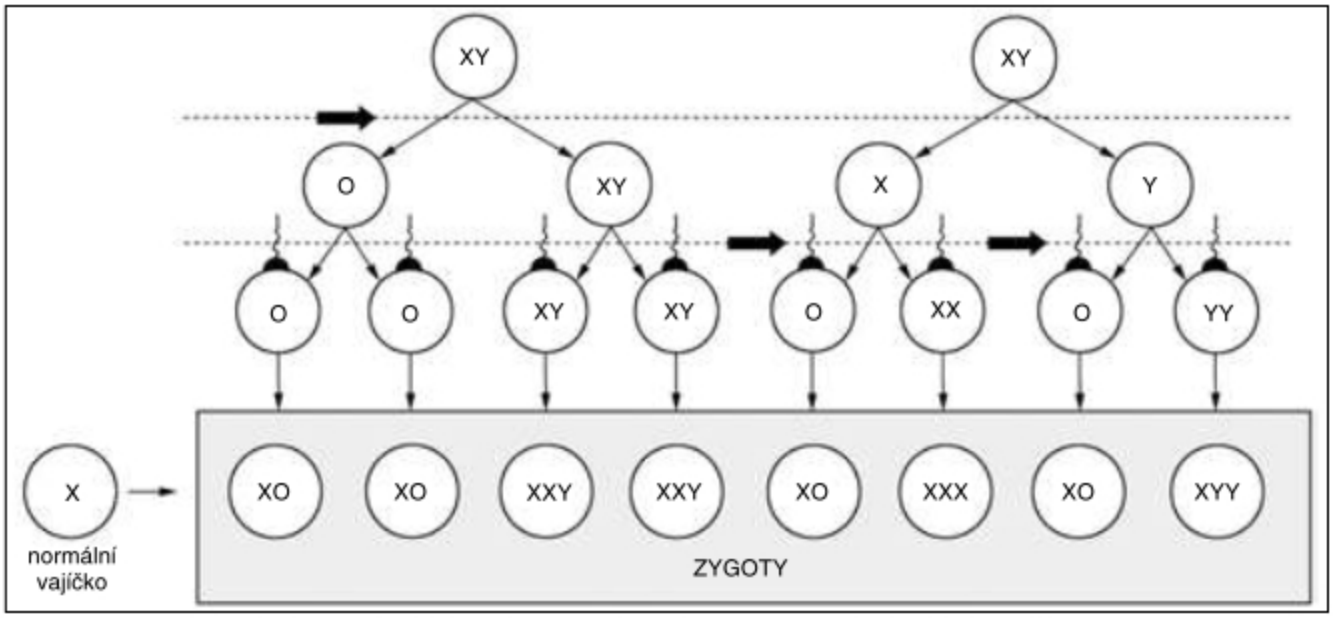
❑ **KLINEFELTERŮV SYNDROM** *(sterilní, infantilní muž s intersexuálními znaky)* a **TURNERŮV SYNDROM** *(sterilní, infantilní žena)* jsou příkladem **genomových chorob**, které jsou důsledkem chybného oddělování gonozomů ***(nondisjunkce)*** při meióze. Tabulka *(na následující straně)* udává důsledky chybného rozdělení gonozomů při **oogenezi** *(tvorbě vajíček)* a spermiogenezi *(tvorbě spermií)*.

❑ **DOWNŮV SYNDROM** *(mongolismus)*

je jiným příkladem **genomové choroby**. Příčinou jejího vzniku je **trisomie** 21. chromozomového páru. Jedinci stižení touto chorobou se vyznačují opožděným duševním vývojem, sníženou inteligencí a některými charakteristickými tělesnými znaky.



Přehled chybného rozdělení *(nondisjunkce)* gonozomů při oogenezi



Přehled chybného rozdělení *(nondisjunkce)* gonozomů při spermiogenezi

Pohlaví	Sestava gonozomů v zygotě	Syndrom	Četnost výskytu
♀	XO	TURNERŮV SYNDROM	1 : 5000 porodů
	XXX XXXX XXXXX	„SUPERŽENA“	1 : 700 porodů
♂	YO	neslučitelná se životem zygota není schopna dalšího vývoje,	
	XYY	muž se sklonem k agresivitě	1 : 1000 porodů
	XXY XXXY XXXXY XXXXXY	KLINEFELTERŮV SYNDROM	1 : 500 porodů

ZKOUMÁNÍ RODOKMENU
(genealogie)

Schéma rodokmenu se zakresluje podle mezinárodně smluvených pravidel. Ve schématu značíme muže jako čtvereček, ženu jako kolečko. Jedince, kteří uzavřeli sňatek, spojujeme manželskou čárou. Původ dětí je naznačen spojnicí od manželské čáry. Děti z jednoho manželství spojuje sourozenecká čára. Děti jsou zakresleny tak, že nejstarší (prvorozené) dítě je kresleno vlevo, nejmladší vpravo. Potrat je zakreslen malým černým kolečkem. Dvouvaječná *(dizygotická)* dvojčata jsou zakreslena tak, že spojnice k jejich značce vychází z jednoho bodu. Podobně jsou zakreslena jednovaječná *(monozygotická)* dvojčata, která jsou navíc spojena čarou. Přenašeči určitého znaku nebo choroby jsou označeni značkou zpoloviny začerněnou. Osoba, jejíž pomocí byl rodokmen vyhledán, se nazývá proband a ve schématu se označuje šipkou. Příbuzenský sňatek se označuje dvojitou čarou. Nelegitimní svazek a děti z tohoto vztahu se spojují přetrhovanou čarou. Římské číslice označují jednotlivé generace. V rámci jedné generace označujeme každého jedince arabskou číslicí, číslovat začínáme zleva.

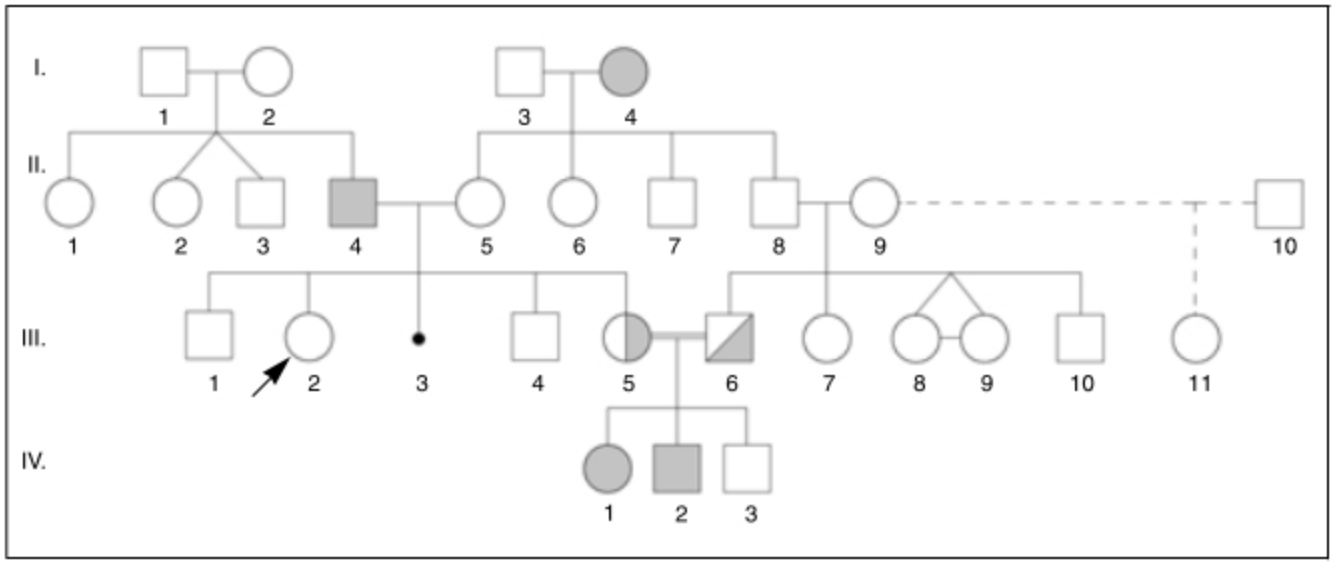
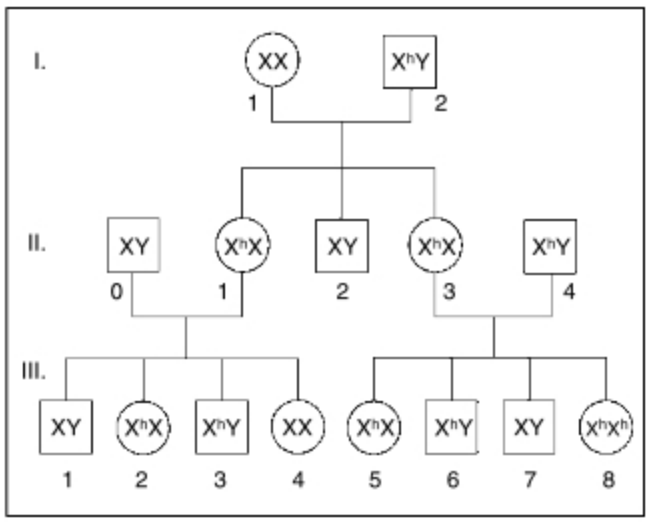


Schéma rodokmenu

Jednotlivé osoby jsou v generacích I.–IV. označeny arabskými čísly. Symboly nositelů sledovaného znaku jsou označeny rastrem. Sourozenci II/2 a II/3 jsou dvouvaječná dvojčata, sourozenci III/8 a III/9 jsou jednovaječná dvojčata. Symbol III/3 označuje potrat. Jedinec III/11 je nelegitimní potomek páru II/9 a II/10. Manželé III/5 a III/6, jejichž sňatek je příbuzenský, jsou přenašeči recesivní alely, která se fenotypově projevuje v homozygotní konstituci, např. u ženy I/4 nebo muže II/4. Proband III/2 je označen šipkou.



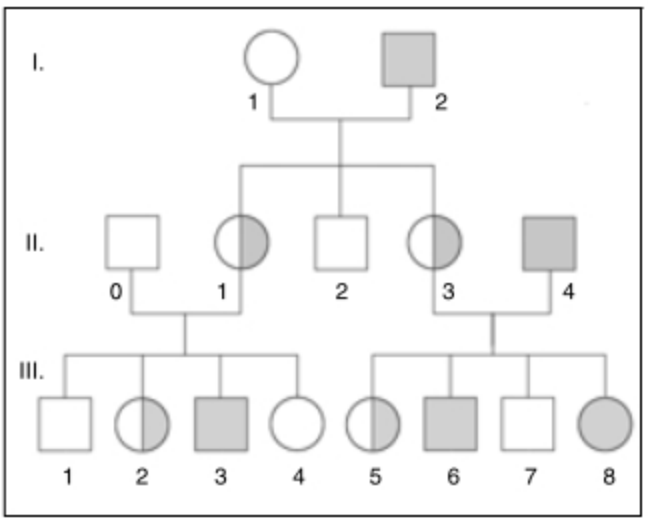
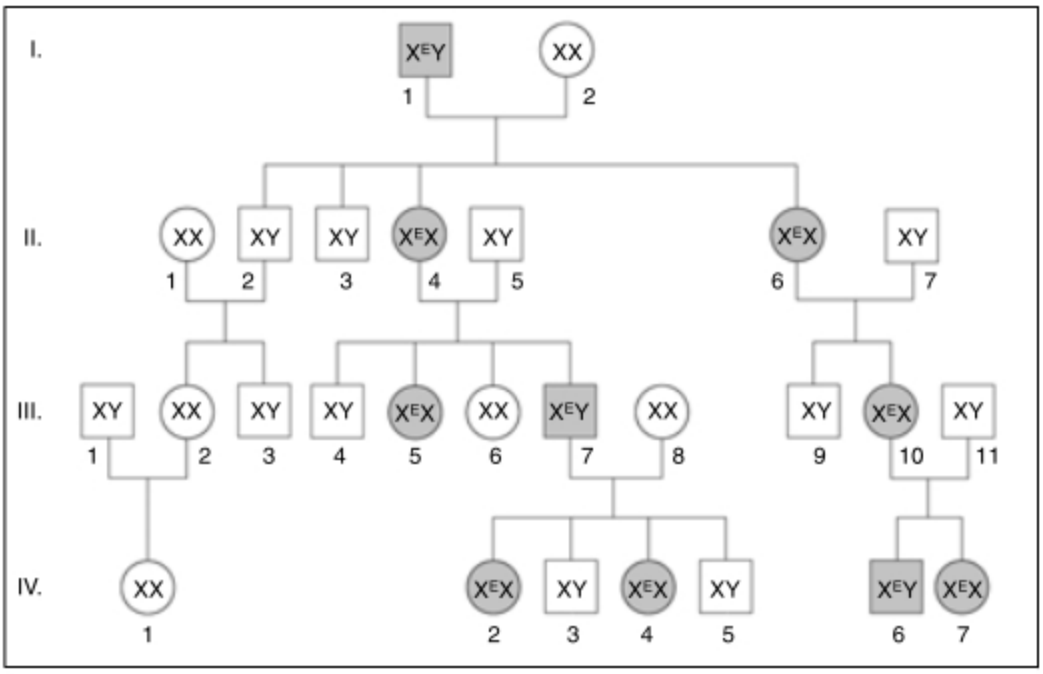


Schéma rodokmenu s výskytem hemofilie jako příkladu gonozomálně recesivního onemocnění

Muž I/2 je postižen hemofilií, žena I/1 je zdravá. Syn II/2 je zdravý, obě dcery II/1 a II/3 jsou zdravé a jsou přenašečkami recesivní alely. Z manželství ženy II/1 se zdravým mužem II/0 je syn III/1 zdravý a syn III/3 nemocný, dcera III/2 je zdravá, ale je přenašečkou recesivní alely, dcera III/4 je zdravá.

Z manželství ženy II/3 s hemofilikem II/4 je dcera III/5 zdravou přenašečkou, dcera III/8 je hemofilička, syn III/6 je hemofilik, syn III/7 je zdravý.

Schéma rodokmenu s výskytem nedostatečného vývoje zubní skloviny jako příkladu gonozomálně dominantního onemocnění
(čtení tohoto rodokmenu proveďte sami)



CYTOGENETIKA ČLOVĚKA

se zabývá studiem určení počtu a tvaru chromozomů *(karyotypu)* v buňce. Normální karyotyp muže je 46,XY a ženy 46,XX.

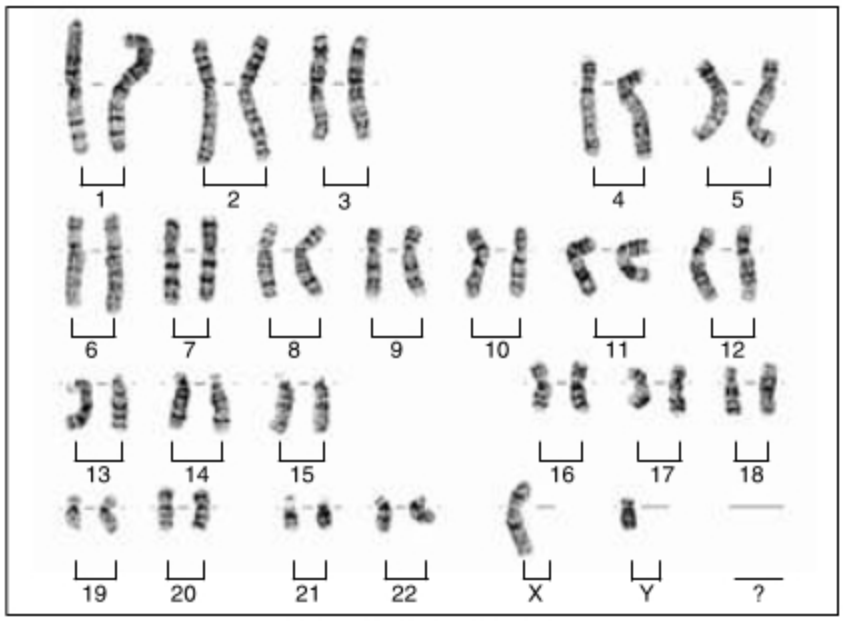
U vad podmíněných chromozomovými odchylkami je jejich léčba málo úspěšná a nepostihuje příčinu onemocnění. Proto je genetická prevence důležitým prognostickým nástrojem.

Chromozomy se u člověka nejčastěji vyšetřují u krevních buněk *(lymfocyty)*, kostní dřeně, kůže, vaziva a amnia. Chromozomy člověka se seřazují podle jejich délky a umístění centromery. Rozlišujeme 7 skupin chromozomů označených písmeny A až G. K rozlišení jednotlivých chromozomů karyotypu se používá tzv. techniky **proužkování chromozomů**. Tyto techniky jsou založené například na odstranění bílkoviny z chromozomů působením enzymu a na jejich barvení fluorescenčními nebo jinými barvivy. Dochází k rozdílně intenzivnímu zbarvení jednotlivých úseků chromozomů. Proužkování je spolehlivou metodou identifikace jednotlivých lidských chromozomů a případných změn jejich struktury a počtu.

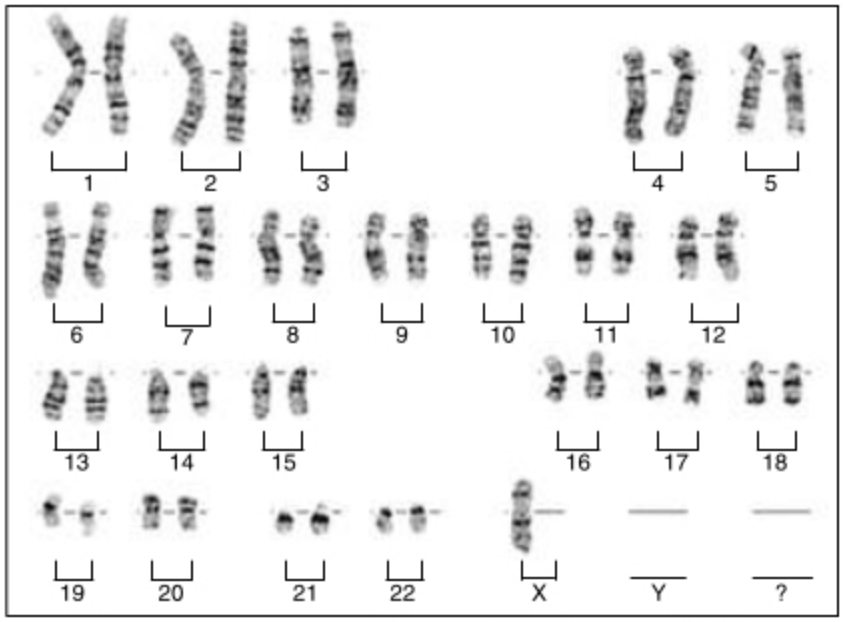
Mezi nejčastější klinické syndromy s **chromozomovou odchylkou autozomů** patří například *Downův syndrom, Edwardsův syndrom, Patauův syndrom* aj. **Změny gonozomů *(heterochromozomů)*** se nejčastěji vyskytují ve formě čtyř klinických syndromů. Jsou to:

– *Klinefelterův syndrom (v karyotypu je sestava 47,XXY nebo 48,XXXY)* se vyskytuje v četnosti 1 : 500. Muži s méně výraznými sekundárními pohlavními znaky, sníženou potencí, neplodní, slabomyslní.
– *Syndrom XYY (supermuž)* se vyskytuje v četnosti 1 : 1000. V karyotypu je sestava 47,XYY. Bývá přítomna lehká duševní retardace, jedinci jsou vyšší postavy, v pubertě i později mají sklon k agresivitě a k asociálnímu chování.
– *Syndrom XXX* (superžena) se vyskytuje v četnosti 1 : 700). V karyotypu se nejčastěji vyskytuje sestava 47,XXX. Plodnost u části těchto žen je snížena nebo chybí, duševní vývoj je opožděný až k slabomyslnosti.
– *Turnerův syndrom (sestava 45,XO, monozomie X)* se vyskytuje u novorozenců ženského pohlaví v četnosti 1 : 5000. V buňkách je 45 chromozomů, chybí jeden gonozom X. Klinicky je nápadný malý tělesný vzrůst, sterilita, opožděný duševní vývoj.

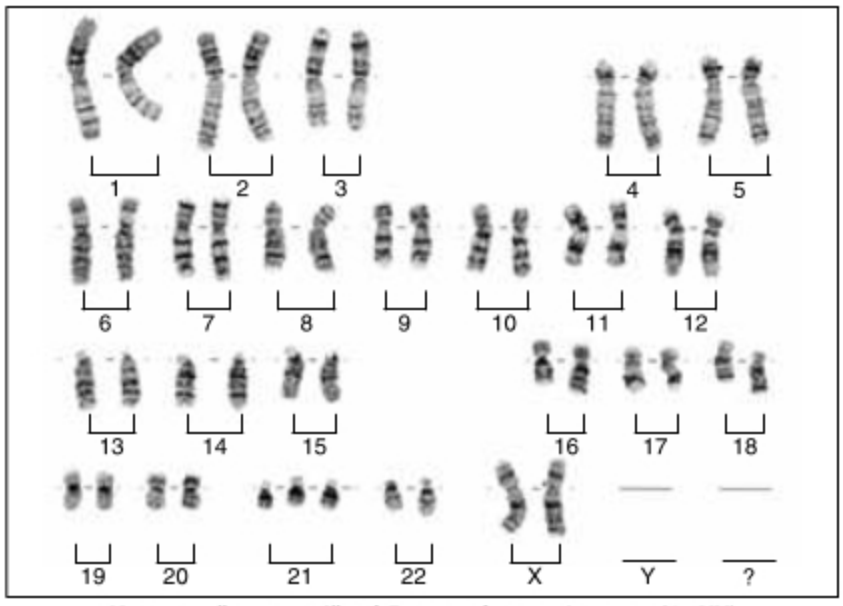
Karyotyp člověka pozorovaný v mikroskopu



Karyotyp muže *(46,XY)*



Karyotyp ženy postižené Turnerovým syndromem *(45,XO)*



Karyotyp ženy postižené Downovým syndromem *(47,XX)*

Chromozomy člověka se seřazují podle své délky a podle polohy centromery. Rozlišujeme 7 skupin chromozomů, označovaných písmeny A–G.

1– 3 [A]	13–15 [D]
4– 5 [B]	16–18 [E]
6 –12 [C]	19–20 [F]
21 –22 [G]	

Gonozom X se řadí do skupiny C, gonozom Y do skupiny G.

Vzhled ženy postižené Turnerovým syndromem

(Podle A. P a E. J. Mange)

a)

b)

Vzhled osob obojího pohlaví postižených Downovým syndromem je velmi podobný.
a) roční chlapec, b) šestnáctiletá dívka

PŘÍKLADY Z GENETIKY

1. U člověka je hnědá barva očí dominantní nad modrou. Hnědooký muž se oženil s hnědookou ženou, jejíž otec byl modrooký. Jakou barvu očí budou mít děti z tohoto manželství?

2. Kulatý tvar a zelená barva plodů vodních melounů jsou dominantní nad podlouhlým tvarem a zeleně pruhovaným zbarvením plodů. Jaké bude potomstvo ve sledovaných znacích, které vznikne křížením rostliny s podlouhlými a pruhovaně zbarvenými plody s heterozygotní rostlinou v obou znacích?

3. Neschopnost rozlišovat červenou a zelenou barvu je recesívně pohlavně vázaný znak. Jaké fenotypy se mohou vyskytovat u dětí ženy neschopné rozlišovat barvy, s mužem barvy rozlišujícím?

4. Muž s krevní skupinou B, jehož jeden z rodičů měl krevní skupinu 0, se ožení s ženou genotypu AB. V jakém procentuálním zastoupení se teoreticky bude u jejich dětí vyskytovat krevní skupina B?

5. U hledíku jsou známé formy vytvářející čisté linie se širokými listy a jiné, vytvářející čisté linie a listy úzkými. Jestliže zkřížíme homozygotní rostliny obou forem, získáme potomstvo s listy střední šířky.
   a) Jaké potomstvo získáme v generaci F_2?
   b) Jaký bude výsledek křížení homozygotně úzkolisté formy rostliny s hybridní rostlinou?

6. U králíka je černá barva srsti dominantní nad hnědou a krátká srst dominantní nad dlouhou. Máme k dispozici černého, krátkosrstého samce a hnědou dlouhosrstou samici. Chceme získat čistou linii plemene s černou, dlouhou srstí. Jak budeme postupovat?

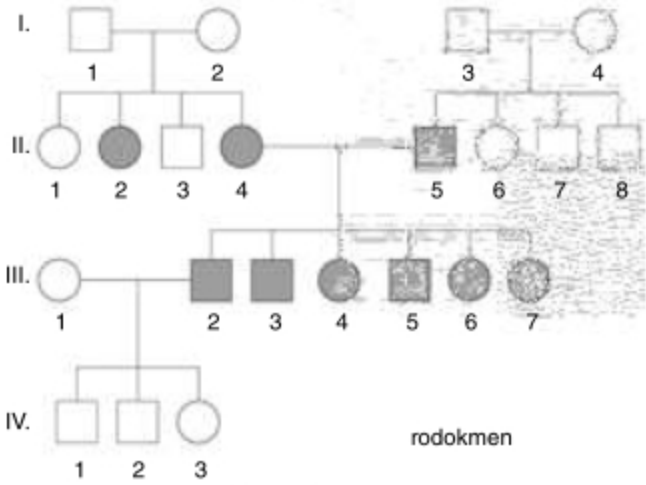
7. Asi 84 % jedinců lidské populace je Rh pozitivních. Rh faktor je autozomálně dominantně dědičný. Jaká je četnost alely pro Rh faktor a jednotlivých genotypů v populaci?
   (Řešíme za použití Hardyho-Weinbergova zákona).

8. Gen, který v recesivní formě podmiňuje hemofilii *(chorobnou nesrážlivost krve)*, se nachází v gonozómu X. Otec dívky je postižen hemofilií, její matka je zdráva a pochází z rodiny, ve které se tato choroba nikdy nevyskytla. Jak mohou být postiženi touto chorobou děti této dívky, jestliže se provdá za zdravého muže?

9. Tmavooký pravák se oženil s modrookou levačkou.
   a) Jaké potomstvo lze očekávat v této rodině?
   b) Jaké děti budou mít rodiče, jsou-li tmavoocí praváci, jestliže v obou příslušných párech alel jsou heterozygotní?

10. Cystická fibróza je autozomálně recesivní onemocnění. Žena-přenašečka se vdá za zdravého muže. S jakou procentní pravděpodobností se může toto závažné onemocnění vyskytnout u jejich dětí?

11. Při sledování výskytu typu dědičné hluchoty byl sestaven rodokmen:
    Rozhodněte o jaký typ dědičné hluchoty se jedná:



rodokmen

   a) recesivně pohlavně vázanou
   b) dominantně pohlavně vázanou
   c) autozomálně recesivní
   d) autozomálně dominantní

12. Muž má genotyp se sestavou alel MN/mn. Geny M a N jsou umístěné na jednom chromozomu, geny m a n na homologickém chromozomu. Předpokládejme, že v průběhu meiózy se uskutečnil proces crossing-over. Kolik geneticky odlišných typů spermií *(s ohledem na výše sledované geny)* se bude v průběhu spermiogeneze tvořit?

13. Geny A a b jsou umístěny na jednom chromozomu, geny a a B na homologickém chromozomu. Jedinec genotypu AAbb byl zkřížen s jedincem genotypu aaBB. Zpětným křížením potomků *(s homozygotně recesivním jedincem)* bylo zjištěno následující zastoupení genotypů:

Ab/ab	464	AB/ab	30
aB/ab	480	ab/ab	27

    Jak daleko vzdálené od sebe na chromozomu byly lokusy sledovaných genů?

14. Geny M a N jsou od sebe vzdálené na chromozomu 10 morganů. Homozygotně dominantní jedinec v obou genech byl zkřížen s jedincem homozygotně recesivním. Analytickým zpětným křížením potomků bylo získáno 1000 jedinců. U kolika z nich se uskutečnil proces crossing-over?

15. Dědičná slepota u lidí může mít různý podklad. Předpokládejme pouze dva typy slepoty, přičemž oba jsou podmíněny homozygotně recesivním genotypem jediného genu *(za každý typ slepoty však odpovídá jiný gen).*

a) Jaká je pravděpodobnost, že bude postiženo dítě rodičů, kteří oba trpí stejným typem slepoty?

b) Jaká je pravděpodobnost postižení dětí v případě, že slepota rodičů je rozdílného typu?

Výsledky řešení příkladů na *str. 534.*

REPLIKACE DNA

Začíná vytvořením **replikační vidlice**, což je místo, kde dochází k rozestupu komplementárních DNA řetězců *(matricových)* přerušením vodíkových vazeb mezi nimi. Rušení vodíkových vazeb a odvíjení komplementárních matricových DNA řetězců katalyzuje enzym **DNA-helikáza**. Při odvíjení řetězců by před replikační vidlicí docházelo k překrucování dvoušroubovice DNA. Tomuto překrucování brání enzym **topoizomeráza**. Syntézu dceřiných řetězců DNA *(připojování komplementárních nukleotidů k rozpleteným matricovým řetězcům)* katalyzují enzymy **DNA-polymerázy**. Tyto enzymy zahajují syntézu vždy ve směru 5'⟶3' a k jejímu zahájení potřebují krátký oligonukleotid označovaný jako **primer**, od jehož 3' konce syntézu zahájí. Syntézu primerů katalyzuje **DNA-primáza**. Jeden dceřiný řetězec DNA na matricovém řetězci *(5'⟶3')* se za katalýzy **DNA-polymerázy III.** syntetizuje kontinuálně – **vedoucí řetězec** *(prodlužuje se ve směru pohybu replikační vidlice)*. Druhý dceřiný řetězec se syntetizuje diskontinuálně **opožďující se řetězec** *(prodlužuje se proti směru pohybu replikační vidlice)*. Tento řetězec se prodlužuje prostřednictvím **Okazakiho fragmentů**. Syntéza každého fragmentu *(průměrná délka jednoho fragmentu je 1000–2000 nukleotidů)* vyžaduje vlastní RNA-primer.

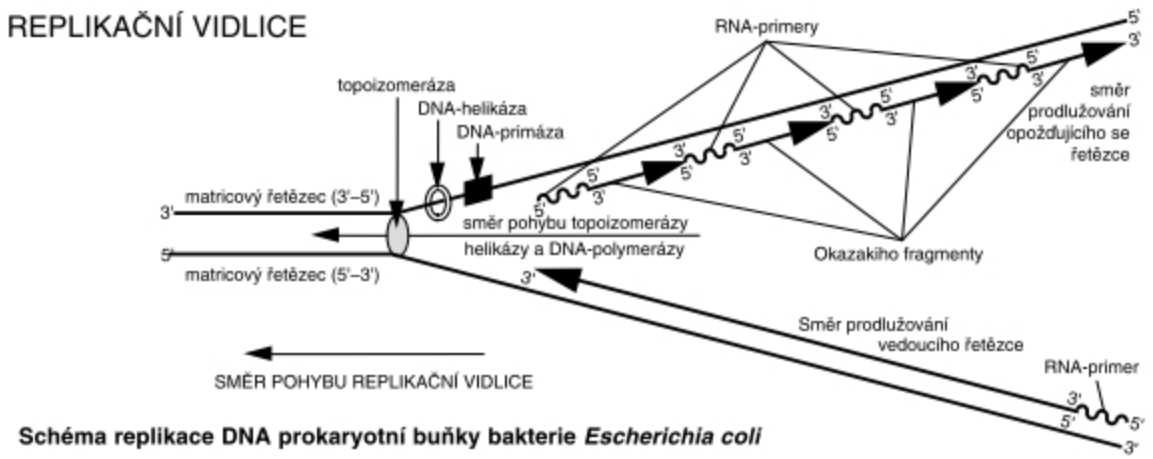
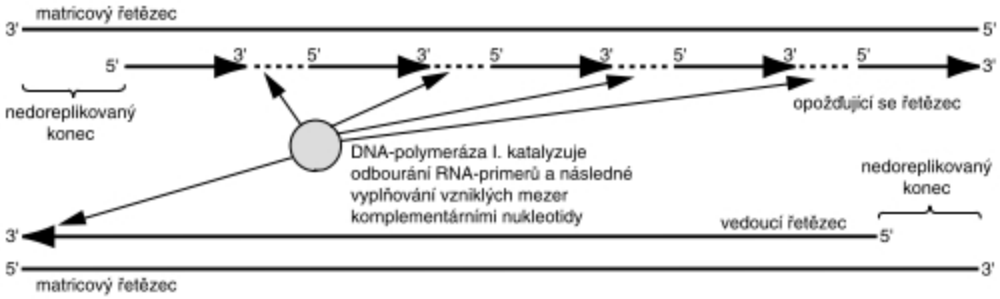


Schéma replikace DNA prokaryotní buňky bakterie *Escherichia coli*

V další etapě syntézy se RNA-primery Okazakiho fragmentů odbourají **DNA-polymerázou I.** ve směru 5'⟶3' a vzniklé mezery mezi fragmenty vyplní nukleotidy komplementární k matricovému řetězci působením stejného enzymu tak, že se každý Okazakiho fragment začne prodlužovat od 3' konce.



Dosyntetizované Okazakiho fragmenty se následně spojí do souvislého řetězce působením **DNA-ligázy**.

U lineárních dvouřetězcových molekul DNA *(jak je vidno ze schématu)* se setkáváme s nedokončením replikace na 3'-koncích řetězců, které působí jako matricové. Na těchto koncích nemůže DNA-polymeráza katalyzovat napojování deoxyribonukleotidů, protože po odstranění RNA-primerů chybí pro toto napojování 3'-konec. Tento problém neexistuje u kružnicových molekul DNA *(bakteriální, mitochondriové, chloroplastové)*.

Doreplikování 3'-konců eukaryotické jaderné DNA probíhá působením **telomeráz**.

VYUŽITÍ POSTUPŮ GENOVÉHO INŽENÝRSTVÍ *(klonování genů)* V BIOTECHNOLOGII

1. PRODUKCE BÍLKOVIN

1.1. Produkce bílkovin z klonovaných genů

Rekombinantní DNA lze využít v biotechnologiích. Biotechnologie jsou postupy, které používají biologické postupy v průmyslu a v technologii.

Biotechnologické postupy znali lidé již v nejstarších dobách při výrobě piva, medoviny, vína, jogurtů aj. Do jejich výroby byly zavedeny kvasné procesy využívající živé, kvasinkové buňky. Z mikrobiálních struktur lze získat celou škálu důležitých produktů *(antibiotika, enzymy, alkohol, ocet, kyselinu citronovou aj.)*. V minulosti se jejich výčet omezoval jen na látky, které mikroorganismy přirozeně syntetizují. Mnoho významných bílkovin, které mají účinky léčiv, které neprodukují mikroorganismy, ale vyšší organismy, tedy nebylo možné vyrobit. S objevem klonování a jeho vstupem do biotechnologií došlo k zásadnímu obratu. Díky klonování lze z přirozeného hostitele vyjmout gen, který kóduje důležitou živočišnou nebo rostlinnou bílkovinu, vložit jej do klonovacího vektoru *(str. 316)* a vnést do bakterie. Úspěšně vnesený gen se exprimuje *(projeví)* a bakteriální buňka syntetizuje *rekombinantní bílkovinu*, kterou tak můžeme získat ve velkém množství. Princip je jak vidno jednoduchý, ale v praxi je produkce rekombinantní bílkoviny složitější.

1.2. Produkce eukaryotní bílkoviny expresí genu do prokaryotní buňky bakterie *Escherichia coli*

Pokud se cizí *(nebakteriální)* gen liguje *(vpravuje)* do standardního vektoru a je klonován v *E. coli*, pravděpodobně se nenasyntetizuje nijak významné množství rekombinované bílkoviny. Aby se gen exprimoval *(projevil)*, musí být obklopen souborem signálů, které je schopna bakterie rozeznat. Signály se rozumí krátké sekvence nukleotidů, které upozorňují na přítomnost genu a udílejí pokyny transkripčnímu a translačnímu aparátu buňky. Mezi tři nejdůležitější signály pro geny *E. coli* patří:

1. **Promotor**, který označuje místo, kde by měla začínat transkripce.
2. **Terminátor**, který označuje místo na konci genu, kde by se měla transkripce zastavit.
3. **Vazebné místo pro ribozom**, v němž by se měl ribozom navázat k molekule mediátorové RNA *(mRNA)*.

Přestože dnes již existují vysoce účinné vektory, produkce bílkovin z cizích genů klonovaných v *E. coli* je stále spojena s problémy. Tyto problémy lze rozdělit do dvou kategorií:

A. Problémy vyplývající ze sekvence cizího genu

1. Cizí gen obsahuje *introny*. Protože geny *E. coli* introny neobsahují, vzniká závažný problém, neboť bakterie nemá potřebný mechanismus k odstranění intronů z transkriptu.
2. Cizí gen obsahuje sekvence, které se v *E. coli* chovají jako terminátory.
3. Kodony, které gen preferuje, translaci v *E. coli* nevyhovují. Ačkoli všechny organismy užívají stejný genetický kód *(viz str. 300)*, který je *degenerovaný*, jednotlivé organismy preferují určité kodony. Pokud klonovaný organismus obsahuje velký podíl nepreferovaných kodonů, mohou mít tRNA hostitelské buňky s translací genu problémy a výsledkem je menší množství nasyntetizované bílkoviny.

B. Problémy způsobené bakterií E. coli

1. *E. coli* neupraví rekombinantní bílkovinu. U živočišných bílkovin proběhne glykosylace *(připojení cukerné složky)*, která je u bakterií vzácná. Bílkoviny *E. coli* nejsou správně glykosylovány a nejsou aktivní.
2. *E. coli* nesloží bílkovinu *(nedovede syntetizovat disulfidické vazby)* do terciární struktury, takže bílkovina není aktivní.
3. *E. coli* rekombinantní bílkovinu degraduje. Mechanismus, kterým cizí bílkovinu rozliší a degraduje, není dosud objasněn.

1.3. Produkce rekombinantní bílkoviny eukaryotními buňkami

Problémů, které brání získání vysokého výtěžku aktivních rekombinantních bílkovin z genů klonovaných v *E. coli* se lze vyhnout využitím mikrobiálních eukaryot *(kvasinek, hub)*. Lze je snadno, podobně jako bakterie, rychle namnožit. Kvasinky a houby mohou exprimovat klonovaný gen z vyšších organismů a vytvořenou bílkovinu upravit podobným způsobem, jakým ji upravují vyšší organismy. Nejrozšířenějším mikrobiálním eukaryotem sloužícím k produkci rekombinantních bílkovin je kvasinka *Saccharomyces cerevisiae*. Výtěžky rekombinantních bílkovin jsou poměrně vysoké.

S. cerevisiae však nedokáže živočišné bílkoviny správně glykosylovat – často se stává, že přidává příliš mnoho cukerných jednotek *(hyperglykosylace).*

Dalším problémem je, že kvasince *S. cerevisiae* chybí účinný systém pro sekreci *(uvolňování)* bílkoviny do média. Buňka rekombinantní bílkoviny zadržuje a je pracnější jejich purifikace *(čištění).*

I přes tyto komplikace je *S. cerevisiae* dosud nejpoužívanějším mikrobiálním eukaryotem. Jednak je tato kvasinka přijímána jako bezpečný organismus pro produkci bílkovin používaných v potravinách nebo léčivech, jednak bylo v průběhu let nashromážděno velké množství poznatků týkajících se biochemie a genetiky tohoto organismu, a je tedy možné vhodnými postupy výše uvedené komplikace minimalizovat.

Vláknité houby *(Aspergillus nidulans, Trichoderma reesei)* mají výborné glykosylační vlastnosti a schopnost uvolňovat rekombinantní bílkoviny do růstového média. Výsledkem je produkce rekombinantních bílkovin ve formě usnadňující jejich purifikace.

1.4. Produkce bílkovin v savčích buňkách

Mezi nejúspěšnější metody patří použití hospodářských zvířat *(ovce, kráva, prase).* U těchto zvířat byl klonovaný gen připojen k promotoru pro živočišný gen kódující *β-laktoglobulin.* Tento promotor je aktivní ve tkáni mléčných žláz, takže se rekombinantní bílkovina vylučuje do mléka. U dospělých jedinců může produkce mléka probíhat nepřetržitě, takže je zajištěn vysoký výtěžek bílkoviny.

Syntéza farmaceutických bílkovin na živočišných farmách ***(farming)*** umožňuje produkci správně upravených bílkovin k jejich použití v lékařství.

1.5. Rekombinantní bílkoviny z rostlin

Zpracování bílkovin u rostlin a živočichů je podobné. Živočišné bílkoviny produkované v rostlinách procházejí většinou správnými translačními procesy a jsou tedy plně funkční.

Postup produkce rekombinantních bílkovin byl použit u mnoha druhů zemědělských plodin (*kukuřice, tabáku, rýže, cukrové třtiny, brambor, rajčat aj.).* Ve všech případech však musí být bílkoviny izolovány z komplexní biochemické směsi, která se vytvoří poté, co jsou semena, listy či hlízy rozdrceny.

Bez ohledu na to představují rostliny levný a technologicky nenáročný způsob velkoprodukce rekombinantních bílkovin. V rámci experimentálních činností byla získána řada bílkovin, včetně důležitých léčiv jakými jsou *interleukiny a protilátky (str. 320).* Usilovně se pracuje na možnosti využití rostlin k syntéze vakcín.

2. KLONOVÁNÍ GENŮ A ANALÝZA DNA V MEDICÍNĚ

2.1. Produkce rekombinantních léčiv

Příčinou řady onemocnění lidí je nepřítomnost nebo selhání funkce některé bílkoviny, která je v lidském těle běžně syntetizována. Jestliže lze onemocnění léčit jedině podáváním lidské bílkoviny, je zásadní otázkou, jak tuto bílkovinu zajistit v dostatečném množství, pokud jako zdroje nelze použít darovanou krev. Techniky klonování, které se uplatňují v produkci bílkovin, které mají sloužit jako léčiva, dosáhly již značných úspěchů. Patří mezi ně například: ***rekombinantní inzulín***, uplatňující se při léčbě diabetu, ***syntéza lidských růstových hormonů*** v *E. coli*, jejichž nedostatek v těle má za následek akromegalii *(nekontrolovatelný růst kostí)* a nanismus *(trpasličí růst).*

Příkladem rekombinantního léčiva produkovaného eukaryotními buňkami je ***lidský rekombinantní koagulační faktor VIII***, což je bílkovina důležitá pro normální srážení krve. Neschopnost lidského organismu syntetizovat faktor VIII způsobuje nejčastější formy hemofilie *(chorobné nesrážlivosti krve).* Indukcí syntézy lidského faktoru VIII ve tkáních mléčných žláz prasete a následnou sekrecí bílkoviny do mléka se získá faktor VIII, shodný s přirozenou lidskou bílkovinou, který je při srážlivosti krve plně funkční.

Počet lidských bílkovin syntetizovaných rekombinantní technologií neustále roste. Kromě bílkovin, které při léčbě poruch nahrazují nefunkční bílkoviny nebo doplňují nedostatečnou produkci bílkovin funkčních, jsou syntetizovány také bílkoviny, např. ***interleukiny a interferony***, které lze využít při léčbě rakoviny. Lidský organismus těchto bílkovin produkuje jen velmi málo a rekombinantní technologie představují způsob, jak bílkoviny získat v množstvích potřebných k léčbě tohoto vážného onemocnění. Dalším úspěchem rekombinantí technologie je produkce ***rekombinantních vakcín*** *(látek, které po injekčním vpravení do krevního oběhu stimulují imunitní systém k syntéze protilátek chránících tělo před infekcí).* K produkci rekombinantních vakcín lze využít transgenních rostlin. Pokud je rekombinantní vakcína účinná po perorálním *(ústním)* podání, pak je možné dosáhnout imunity jednoduše konzumací celých transgenních rostlin nebo jejich částí. Tento způsob produkce rekombinantních bílkovin je velkou nadějí pro rozvojové oblasti světa při zvládání závažných infekčních onemocnění.

2.2. Identifikace genů zodpovědných za onemocnění lidského organismu *(genetických chorob)*

Genetické choroby jsou způsobené poruchou specifického genu. Lidé, jejichž organismus poškozený gen nese, jsou vystaveni skutečnosti, že se nemoc v určitém období jejich života projeví. U některých genetických chorob se příznaky objeví již v raném věku, u jiných ve středním věku či stáří. Příkladem onemocnění projevujícího se raném věku je například *cystická fibróza.* Příkladem onemocnění vyskytujícího se ve vyšším věku je *Alzheimerova choroba.*

Nemocemi, které mají genetické podmínění, jsou *nádorová onemocnění*. Tato onemocnění se u lidí vyskytovala vždy. Díky vakcinačním programům, kvalitnější hygieně a antibiotikům se podařilo snížit výskyt infekčních onemocnění *(tuberkulózy, obrny, neštovic, cholery, záškrtu aj.),* na něž umíralo do začátku 20. století nejvíce lidí. Dnes relativně více lidí umírá na choroby, které mají genetické pozadí, především na choroby, projevující se v pozdních fázích života, což je důsledek prodlužující se délky lidského života, Důležitá je tedy ***identifikace genů***, odpovědných za dědičné choroby. Jejich odhalením lze určit biochemický základ choroby a zvolit následně optimální způsob léčení.

2.3. Genová terapie

Je dalším příkladem využití technologie ***rekombinantní DNA***. Genovou terapií se rozumí léčba jakéhokoliv onemocnění, při níž se vnáší do pacientova organismu klonovaný gen.

Většina rakovinových onemocnění vzniká buď aktivací *onkogenu*, následkem čehož se tvoří nádor, nebo umlčením genu, který za běžných podmínek tvorbu nádoru potlačuje.

Zcela novým uplatněním genové terapie při léčení nádorových onemocnění se jeví vnesení genu, který selektivně zabíjí nádorové buňky. Jedná se o neúčinnější metodu léčení celé řady typů rakoviny, a to především proto, že nevyžaduje detailní pochopení genetické podstaty léčené nemoci. Nezbytnou podmínkou, která musí být přitom splněna je skutečnost, že klonovaný gen zasáhne pouze nádorové buňky a zdravé buňky zůstanou nepoškozené. To předpokládá naprosto přesný transportní systém, nebo prostředky, pomocí kterých se gen bude exprimovat pouze v nádorových buňkách.

3. KLONOVÁNÍ GENŮ A ANALÝZA DNA V ZEMĚDĚLSTVÍ

Pěstování rostlin je nejstarší biotechnologií, která se vyvíjí souběžně s lidskou civilizací. Lidé se neustále pokoušeli vypěstovat odrůdy, které by zajišťovaly vyšší výnos a měly vlastnosti, které by zjednodušily jejich pěstování a sklizeň. V prvních tisíciletích lidské civilizace byl pokrok v pěstování zemědělských plodin zanedbatelný, ale v posledních staletích vznikalo důmyslnými kříženími mnoho nových odrůd. Vývoj nových odrůd křížením představuje zdlouhavý a náročný proces. Klonování genů přineslo do šlechtění hospodářských plodin metody, které umožňují řízené změny v genotypu rostlin, minimalizují náhodné procesy a nebývalou rychlostí umožňují produkci nových odrůd požadovaných vlastností. Nově vzniklý obor – ***rostlinné genové inženýrství*** používá dvě základní strategie:

1. **Přidání genu** *(rostlině je dodán jeden nebo více nových genů, a tím dojde ke změně vlastností rostliny).*
2. **Odstranění genu** *(což znamená inaktivaci jednoho nebo více rostlinných genů).*

3.1.1. Přidání genu v rostlinném genovém inženýrství

Je založeno na tom, že se pomocí klonovacích technik do rostliny zavede jeden nebo více nových genů kódujících vhodné vlastnosti, jež rostlině chybí. Jako příklad lze uvést rostliny, schopné ubránit se hmyzu tím, že syntetizují insekticidy kódované klonovanými geny. Například půdní bakterie *Bacillus thuringiensis* produkuje insekticidní bílkovinu ***δ-endotoxin*** pro hmyz vysoce jedovatou. Vložením genu pro syntézu této bílkoviny do konkrétní plodiny vznikne její modifikace produkující vlastní toxin.

Jednou z námitek vznesených proti využití geneticky pozměněných plodin *(GM plodin)* je možnost, že klonovaný gen unikne z upravené rostliny a dostane se do plevelných rostlin. Z biologického hlediska je tato možnost nepravděpodobná, protože pyl produkovaný rostlinou je schopen oplodnit vajíčko rostliny stejného druhu, takže přenos genu z plodiny do plevele je vysoce nepravděpodobný. Případnému přenosu lze bezpečně zabránit tím, že se klonovaný gen místo do jádra umístí do chloroplastu rostliny. Gen umístěný v chloroplastu nemůže pylem uniknout z toho důvodu, že pyl chloroplasty neobsahuje. Mezi GM plodiny produkující *δ-endotoxin* patří například kukuřice, bavlník, rajče, rýže a brambor.

3.1.2. Plodiny rezistentní k herbicidům

Jsou nejrozšířenějšími GM plodinami. Jsou to rostliny odolné proti herbicidu ***glyfosátu.*** Tento herbicid je široce používaný zemědělci, zahradníky a pracovníky technických služeb. Glyfosát ničí všechny rostliny, plevele i plodiny, a proto se musí používat s velkou opatrností, aby se zabránilo růstu plevelů bez poškození samotných plodin. Proto byly vypěstovány plodiny *(sója, kukuřice)*, do nichž byla zavedena rezistence ke glyfosátu. Tyto plodiny jsou nazvány **Roundup Ready** (RR–rostliny). Plochy, na kterých se tyto rostliny pěstují, se každoročně celosvětově zvětšují. Tím se zvětšuje i spotřeba glygosátu. Nejnovější studie poukazují na skutečnost, že se glyfosát hromadí v tělních orgánech savců, zejména v kostech, vyskytuje se v moči vyšetřovaných osob. Stále se zvyšující používání glyfosátu v celosvětovém měřítku se začíná také projevovat nárůstem počtu rezistentních populací plevelů. Tyto skutečnosti vyvolávají vážné obavy z nepříznivých dopadů na životní prostředí, ekosystémy a lidské zdraví. Poukazují na možná rizika spojená se zaváděním moderních biotechnologií. Jsou vážným argumentem k zachovávání „**principu předběžné opatrnosti**“.

3.2. Odstranění genu

Je druhou strategií, jak změnit genotyp rostliny. Tento termín je poněkud zavádějící, nejedná se o odstranění genu ale o jeho inaktivaci. Touto metodou byla vypěstována ***GM rajčata se zpožděným dozráváním plodů***. Komerčně pěstované měkké plody obvykle pěstitelé sklízejí nezralé, aby je stihli dodat na trh dříve, než se začnou kazit. K tomu je vedou komerční důvody. Plody sklizené dříve, než mohly dozrát, již většinou nezískají chuť zralých plodů. Rajčata se zpožděným dozráváním se sklízejí zralá, získají plnou chuť a při transportu, ani během prodeje se nekazí.

4. KLONOVÁNÍ GENŮ A ANLÝZA DNA VE FORENZNÍM LÉKAŘSTVÍ A V ARCHEOGENETICE

Genetické techniky klonování genů a analýzy DNA využívá též *forenzní věda.* Molekulární biologie, především ***analýza DNA v soudnictví***, se využívá při identifikaci osob z vlasů, spermatu, skvrn od krve a dalších biologických stop nalezených na místě činu. Je velmi nepravděpodobné, že by osoba, která spáchala trestný čin nezanechala na místě činu žádnou stopu své DNA. Vlasy, skvrny od krve, sperma, sliny, ba i otisky prstů obsahují dostatečné množství DNA analyzovatelné PCR *(polymerázovou řetězovou reakcí)*. Analýza nemusí proběhnout bezprostředně poté; na základě analýzy DNA z archivovaného materiálu byla během posledních několika let uzavřena řada starých případů a pachatel byl postaven před soud, nebo naopak, nevinně odsouzený osvobozen.

Tyto techniky jsou označovány jako ***genetický fingerprinting*** *(genetické otisky).* Jsou založeny na poznání, že i když je lidský genom u všech víceméně stejný, nejsou kopie genomu dvou různých jedinců *(s výjimkou jednovaječných dvojčat)* stejné. Lidský genom obsahuje místa, kde se nukleotidové sekvence liší.

Vedle identifikace pachatelů trestné činnosti slouží analýza DNA také k určení toho, zda jsou dané osoby členy stejné rodiny ***(analýza příbuznosti)*** a nejčastěji se jí používá při určování ***sporného otcovství***.

Analýza DNA slouží také k ***identifikaci pohlaví***. Genetické rozdíly mezi pohlavími jsou dány tím, že muži nesou *gonozom Y*. Muže a ženy je tedy možné odlišit na základě zjištění DNA specifické pro gonozom Y. Soudní znalci někdy musí vyšetřovat těla, která jsou velmi poškozená a pohlaví je možné určit jedině pomocí analýzy DNA.

Analýzu DNA využívají archeologové při vysvětlování ***evolučního původu moderního člověka*** a k poznání, jak lidstvo kolonizovalo tuto planetu. Paleontologové jsou názoru, že lidstvo pochází z Afriky, protože jedině zde byly nalezeny všechny nejstarší fosilie tvorů předcházejících člověka. Fosilní nálezy dokazují, že hominidi poprvé migrovali z Afriky přibližně před jedním milionem let, ale nejednalo se o moderní lidi. Byl to druh *Homo erectus,* který se postupně rozšířil do všech částí Starého světa. Názory paleontologů na další vývoj člověka jsou rozporné. Část paleontologů věří na základě studií fosilií, že populace *H.erectus*, které se v různých oblastech Starého světa začaly usazovat, daly vznik moderním populacím člověka *Homo sapiens,* které se v těchto oblastech nacházejí.

Tento proces je označován jako **multiregionální evoluce**. Analýza DNA zpochybnila multiregionální hypotézu. Zkoumání lidské mitochondriální DNA není ve shodě s předpokladem, že my všichni pocházíme z populace *H. erectus,* která opustila Afriku před více než milionem let. Byla proto navržena nová hypotéza nazvaná **Mimo Afriku**. Podle této hypotézy se moderní člověk *Homo sapiens* vyvinul z těch populací *H. erectus,* které zůstaly v Africe. Moderní lidstvo potom migrovalo do zbytku Starého světa před 100 000 až 50 000 lety a vytlačilo potomky *H. erectus,* se kterými se setkalo. Tuto hypotézu také podporují výsledky zkoumání Y gonozomu.

VYBRANÉ KAPITOLY
Z OBECNÉ BIOLOGIE

OBECNÁ BIOLOGIE

se zabývá studiem obecných vlastností organismů.

OBECNÉ VLASTNOSTI SPOLEČNÉ VŠEM ŽIVÝM SOUSTAVÁM

• **Jednotný princip chemického složení**
Hlavním chemickým základem všech organismů jsou organické látky *(bílkoviny, nukleové kyseliny, lipidy, sacharidy)*.

• **Vysoká organizovanost**, vnitřní složitost a účelové uspořádání.

• **Látkový a energetický metabolismus** *(neboli přeměna látek a energií)* spojený s **nepřetržitou výměnou látek, energií a informací s okolím**. Z fyzikálně-chemického pohledu jsou organismy otevřené systémy, které však na rozdíl od neživých otevřených soustav se liší svým aktivním vztahem ke svému okolí, neboť z prostředí přijímají především ty látky a druhy energií, které mohou využít.

• **Dráždivost a pohyb.** Organismy si udržují poměrně stálé vnitřní prostředí, které se výrazně odlišuje od neživého okolí. Změny okolí, které by mohly narušit stálost vnitřního prostředí, jsou organismy schopny vnímat *(jsou dráždivé, senzitivní)* a vhodným způsobem na ně reagovat změnou svého chování. Změnou a úpravou životních dějů jsou tedy schopny **autoregulace**. Nejčastější reakcí organismů na podráždění je pohyb.

• **Růst a vývoj.** Růst jednobuněčných i mnohobuněčných organismů je spjat s postupnými změnami, které vedou k **diferenciaci** a **specializaci**, tedy se změnami nezbytnými pro výkon určitých funkcí. Souhrnně se označují jako **vývoj** *(individuální vývoj nebo též* **ontogeneze**).

• **Rozmnožování a dědičnost.** Všechny organismy mají schopnost se rozmnožovat *(reprodukovat)*. Potomci mají vždy stejné základní vlastnosti rodičovských organismů, tedy všechny druhové vlastnosti. Předávání vlastností z rodičů na potomky se nazývá **dědičnost** a je zajišťována **genetickou pamětí**. Podstata genetické paměti je u všech organismů stejná. Jejím hmotným základem jsou molekuly nukleových kyselin.

• **Schopnost vyvíjet se.** Pohlavní rozmnožování, vlivy prostředí a některé další ne úplně poznané faktory jsou příčinou nevelkých, postupných změn v genetickém základu organismů, které způsobují změny fenotypových znaků. Překročením rámce druhových znaků dochází potom k formování nového druhu. Tento proces, postihující v přírodě všechny organismy, se označuje jako **fylogeneze** *(historický vývoj)*.

STUPEŇ SLOŽITOSTI ORGANISMŮ

Zatímco obecné vlastnosti jsou společné všem organismům, pozorujeme-li a srovnáváme-li různé druhy organismů, jsou patrné jejich odlišnosti. Liší se svou složitostí. Podle složitosti rozlišujeme:

• **Organismy nebuněčné *(podbuněčné)*** *(viry)*, nesoucí sice vlastní genetickou informaci, nevybavené však enzymy pro syntézu vlastních bílkovin, a proto neschopné rozmnožování mimo hostitelskou buňku. Trvalá existence virů je tedy vázána na buňky.

• **Jednobuněčné organismy** *(sinice, bakterie, prvoci, jednobuněčné houby a jednobuněčné řasy)* mohou samostatně existovat, rozmnožovat se.

• **Mnohobuněčné organismy** mají stupňovité uspořádání. Buňky stejného tvaru a funkce tvoří **pletiva** *(u rostlin)* a **tkáně** *(u živočichů)*. Soubory pletiv či tkání tvoří **orgán**. Orgány, které se ve své činnosti vzájemně doplňují, tvoří **orgánové soustavy** *(např. soustavu dýchací, trávicí atp.)*. Mnohobuněčný organismus je tvořen orgánovými soustavami, zabezpečujícími jeho základní funkce.

• **Individua vyššího řádu.** U některých druhů členovců existuje ještě vyšší forma organizace. Různě diferencovaní jedinci téhož druhu vytvářejí společenstvo, jehož jedinci jsou specializováni na určité funkce tak, že již nemohou žít samostatně mimo společenstvo. Tyto soustavy se označují jako **individua vyššího řádu** *(např. termiti, včela medonosná, mravenci)*.

BUNĚČNÁ BIOLOGIE

Výzkumy v biologii ukázaly, že existují buňky dvojího, stavebně a funkčně odlišného typu:

– buňka prokaryotní
– buňka eukaryotní

Mezi oběma typy buněk nejsou přechody, takže lze jednoznačně rozhodnout, jakého typu buňka je. Z toho hlediska organismy rozdělujeme do tří domén.

Buňky prokaryotického typu mají:

doména **BAKTERIE**

doména **ARCHEA**

Buňky eukaryotického typu má:

doména **EUKARYA**

(viz str. 17)

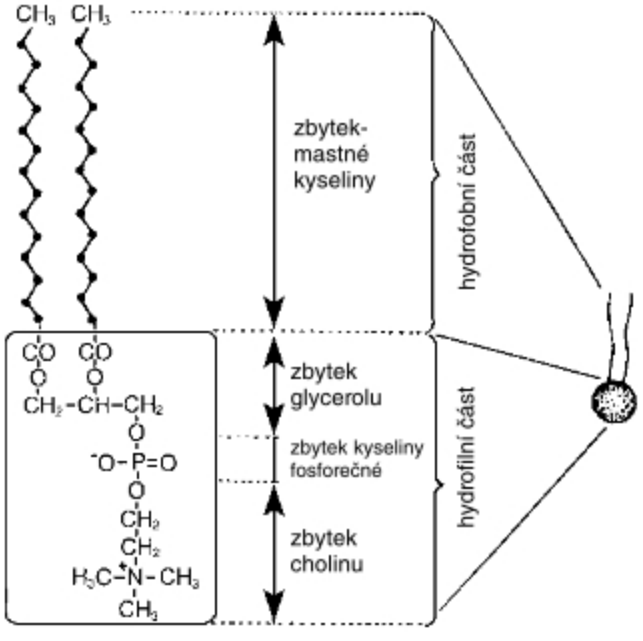
Samostatné postavení mají **viry**, protože nejsou buňky. Nemají vlastní enzymatický systém. Představují holý genetický program a jsou schopny rozmnožování pouze v hostitelské buňce. Ještě jednodušší organismy jsou viroidy, vyvolávající choroby rostlin *(např. bledost plodů okurky)*. **Viroid** je samotná jednořetězcová molekula RNA *(tvořená 250 až 350 nukleotidy)* neobklopená kapsidem.

BIOMEMBRÁNY

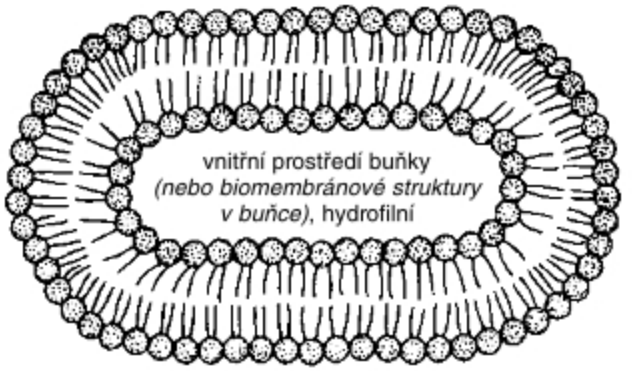
ohraničují buňky vůči okolí. Biomembránami se uskutečňuje výměna látek a energií a jsou jimi přijímány životně důležité signály. U prokaryotních organismů je plazmatická biomembrána jedinou membránovou strukturou.

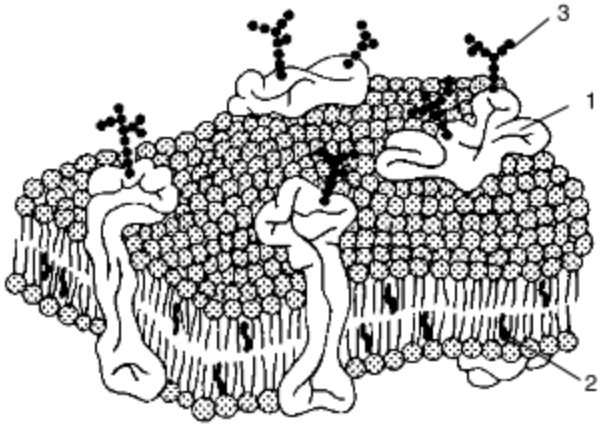
Biomembrány eukaryotních buněk obvykle obsahují steroid cholesterol, který se v biomembránách prokaryot nevyskytuje. Struktura biomembrán prokaryot i eukaryot je velmi podobná, což svědčí o skutečnosti, že princip organizace biomembrán je velmi starý.

Hlavní stavební složkou biomembrán jsou fosfolipidy. Molekuly fosfolipidů mají svoji **nepolární *(hydrofobní)* část**, kterou představuje uhlovodíkový řetězec karboxylové mastné kyseliny, a **část polární *(hydrofilní)***, tvořenou karboxylem s estericky vázaným glycerolem, kyselinou trihydrogenfosforečnou a cholinem.

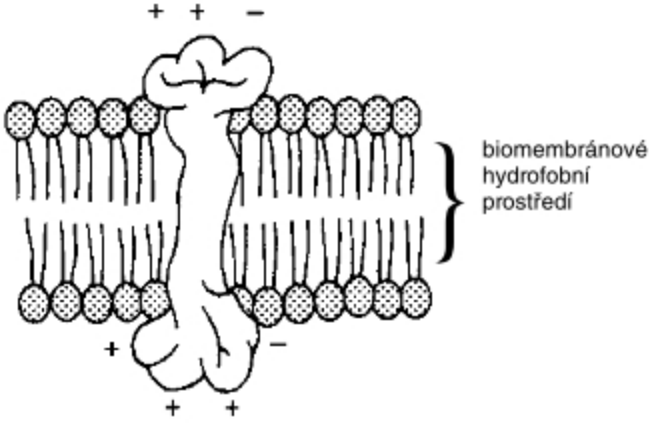


Schematické znázornění molekuly složitého fosfolipidu
Hydrofilní částí jsou molekuly složitých fosfolipidů orientovány do vodního prostředí. Vhodnou orientací a uspořádáním vytvářejí biomembránové struktury buněk a zajišťují heterogenní prostředí. Biomembrány mají tekutou konsistenci.

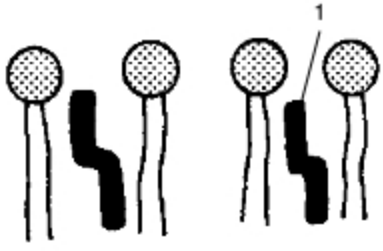




Zjednodušené schéma biomembrány
1 – bílkovina, 2 – cholesterol 3 – polysacharid



Kromě molekul fosfolipidů jako hlavní stavební složky se na stavbě biomembrán podílejí i bílkoviny a u eukaryotních buněk i steroid **cholesterol**. Makromolekuly bílkovin mají též svoji hydrofilní část, nesoucí na svém povrchu náboje, a část hydrofobní.



Cholesterol v biomembráně
1 – cholesterol

Cholesterol váže sice slabě, ale dostatečně pevně dva přiléhající fosfolipidy a tak je činí nepohyblivými. Výsledkem je méně pohyblivá a mechanicky pevnější biomembrána.

PŘÍJEM A VÝDEJ LÁTEK BUŇKOU
(membránový transport)

Malé molekuly a ionty jsou transportovány v zásadě dvěma způsoby: **pasivně a aktivně**.

a) **Pasivní transport** volnou difuzí nebo zprostředkovanou difuzí *(pomocí bílkovinného přenašeče zabudovaného do biomembrány)*. Tento transport probíhá bez spotřeby energie ve směru koncentračního spádu.

b) **Aktivní transport** se uskutečňuje rovněž pomocí přenašečů, ale je spojen se spotřebou energie, neboť se uskutečňuje proti koncentračnímu spádu. Látka je přenesena z prostředí s nižší koncentrací do prostředí s vyšší koncentrací látek.

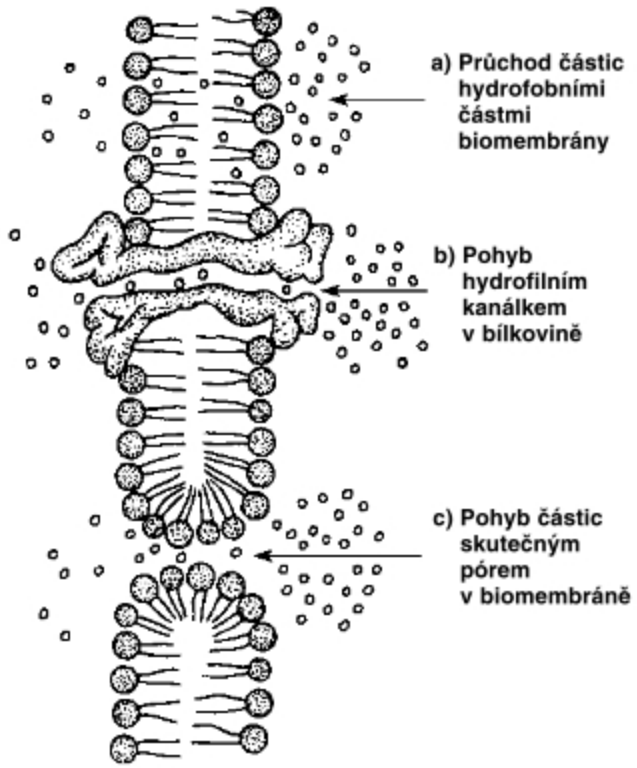


Schéma transportu částic volnou difuzí

a) Některé středně hydrofilní látky se dobře rozpouštějí v hydrofobním prostředí biomembrány, a proto se jejich koncentrace na obou stranách biomembrány rychle vyrovnávají. *(Tak pronikají např. ethanol, rozpustné plyny – dusík, kyslík, oxid uhelnatý a uhličitý, vodík – a většina syntetických léčiv).*

b) Malé hydrofilní molekuly *(např. močoviny)* pronikají hydrofilními kanálky, které se vytvářejí uvnitř biomembránových bílkovin.

c). Za určitých okolností se v biomembránách vytvářejí skutečné póry, jejichž životnost je velmi krátkodobá *(0,1 ms)*, ale jsou tak velké, že propouštějí i poměrně objemné molekuly *(např. ATP, vitaminy, hormony).*

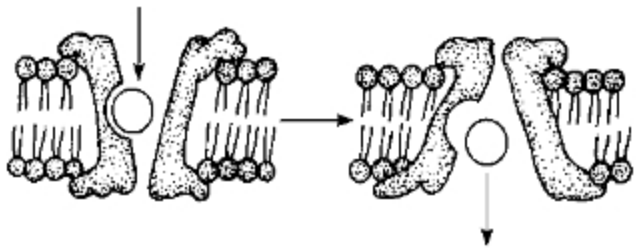


Schéma transportu zprostředkovanou difuzí
Difuze probíhá ve směru koncentračního spádu. Nespotřebovává se při ní energie. Je velmi specifická. Krátkodobě se zapojí transportní bílkovina *(kanálek nebo přenašeč)*. Touto difuzí se transportují např. molekuly monosacharidů.

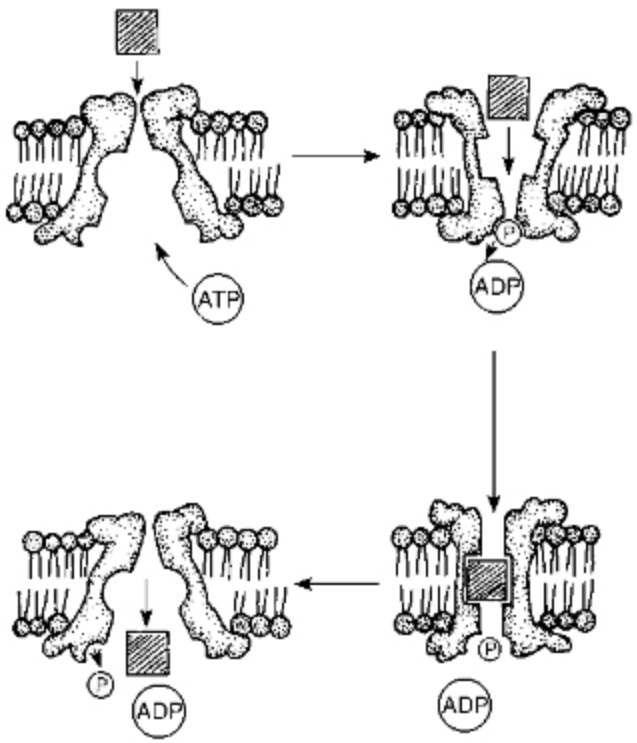


Schéma aktivního transportu přes biomembránu
Energeticky je transport zajišťován molekulami ATP

• **Makromolekuly a molekulární komplexy** jsou transportovány přes biomembránu cytózou pomocí cytotických váčků. Při endocytóze pohlcuje buňka z okolí látky přestavbou plazmatické membrány. Rozlišujeme dvě formy endocytózy:

a) **pinocytózou** jsou přijímány tekuté makromolekulární látky;

b) **fagocytózou** jsou přijímány pevné částice značně větších rozměrů, např. bakterie, prvoci, jednobuněčné řasy nebo části poškozených buněk.

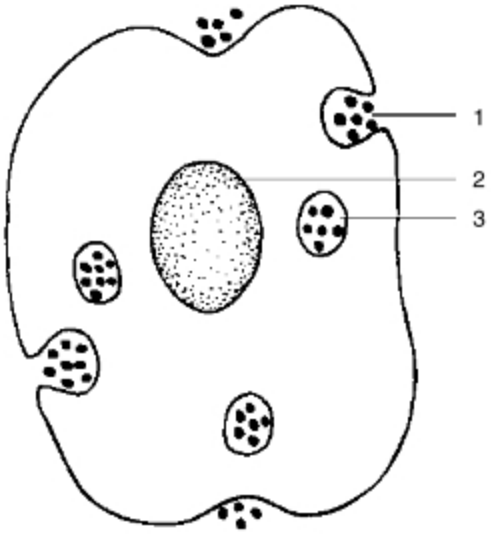


Schéma pinocytózy
1 – vznikající pinocytický váček, 2 – jádro,
3 – pinocytický váček

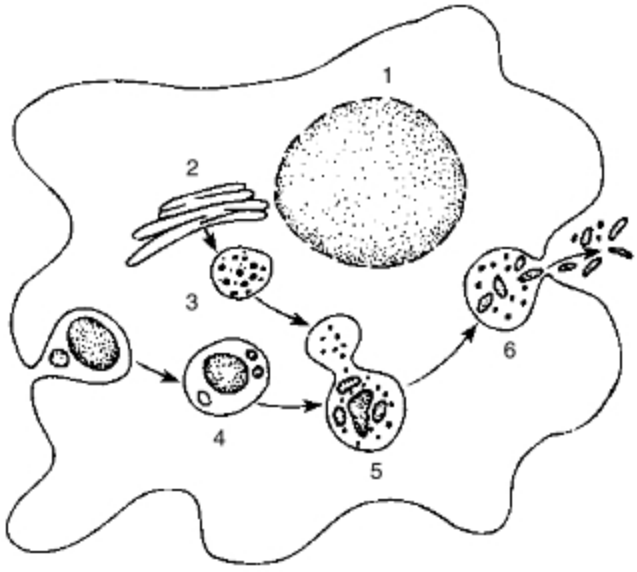


Schéma fagocytózy
1 – jádro, 2 – Golgiho aparát, 3 – lyzozom,
4 – potravní vakuola, 5 – trávicí vakuola, 6 – exocytóza

• **Vylučování látek z buňky** se řídí stejnými mechanismy jako příjem látek buňkou. Buňka vylučuje látky, které jsou pro ni nepotřebné či škodlivé. Opačným dějem endocytózy je **exocytóza**. Při exocytóze se měchýřek vytvořený biomembránou z některé buněčné organely a uzavírající látky, které mají být z buňky vyloučeny, spojí s cytoplazmatickou membránou, splyne s ní a obsah měchýřku se uvolní do okolí. Exocytóza se uplatňuje také při výdeji látek s mimobuněčnou funkcí *(např. hormonů, trávicích enzymů, krevních bílkovin)*.

PROKARYOTNÍ ORGANISMY

jsou jen jednobuněčné. Nikdy netvoří funkčně a morfologicky diferencované tkáně. Prvkovým a molekulárním složení se neliší od eukaryotní buňky. Hlavní organické látky *(bílkoviny, nukleové kyseliny, polysacharidy a lipidy)* tvoří asi 97 % sušiny.

Nepatrná velikost 1 μm až 2 μm a s ní spojený relativně velký povrch v poměru k objemu umožňuje vysokou rychlost výměny látek mezi buňkou a prostředím. Vnitřní prostor není dělen biomembránami na dílčí prostory *(prokaryotní buňka nemá endoplazmatické retikulum, mitochondrie, plastidy ani lyzozomy)*, a umožňuje tak vysokou pravděpodobnost účinných srážek mezi molekulami a molekulárními strukturami, což je příčinou vysoké rychlosti metabolismu bakterií. Bakteriální buňka spotřebovává kyslík přibližně stokrát rychleji než buňka srdečního svalu a rostoucí bakterie v příznivých podmínkách již za přibližně 30 minut zdvojnásobí svoji hmotnost a struktury a je schopna se rozdělit. Jediná a do kruhu stočená makromolekula DNA má molekulovou hmotnost asi $2{,}5.10^9$, což odpovídá celkovému počtu $4{,}2.10^6$ nukleotidů v řetězci o délce dvoušroubovice asi 1,4 mm, tedy asi tisíckrát větší než je délka buňky. Je proto poskládána do množství smyček ve struktuře označované jako **nukleoid**, zaujímající asi 20 % objemu buňky.

FYZIOLOGIE PROKARYOT

Podle používaného zdroje energie se prokaryota dělí na **fototrofní**, u nichž jsou zdrojem energie fotony viditelné části slunečního spektra a **chemotrofní**, u nichž je zdrojem energie oxidace redukované látky. Je-li touto redukovanou látkou anorganická látka (H_2S, Fe^{2+}, NH_4^+) nazývají se **chemolitotrofní**. Je-li redukovanou látkou organická sloučenina *(glukóza, lipid, protein)*, nazývají se **chemoorganotrofní**. Podle zdroje uhlíku potřebného pro syntézu asimilátů *(složitých látek vlastního těla)* se prokaryota dělí na **autotrofní** *(zdrojem uhlíku je oxid uhličitý)* a **heterotrofní** *(zdrojem uhlíku je jednoduchá organická látka, např. glukóza, methan, kyselina mléčná aj.)*. Tyto dvě dvojice fyziologických variant se u prokaryot volně kombinují.

• **Chemoorganotrofní bakterie** se výživou shodují s eukaryotní buňkou živočišnou. Na rozdíl od ní k oxidaci organické látky nepotřebují kyslík.

• Vzhledem ke kyslíku se bakterie rozdělují na:

– **bakterie aerobní**, pro které je kyslík nepostradatelný *(např. nitrifikační bakterie)*;

– **bakterie anaerobní**, pro něž je kyslík toxický *(např. denitrifikační bakterie)*;

ROZDĚLENÍ PROKARYOT PODLE VÝŽIVY (trofiky):

<table>
<tr><td colspan="2">AUTOTROFNÍ</td><td colspan="2">HETEROTROFNÍ</td></tr>
<tr><td colspan="2">1. Využívají anorganické látky.
2. Zdrojem uhlíku je CO_2.
3. Vyžadují jako zdroj dusíku anorganické dusíkaté soli.
4. Nevyžadují obvykle vitaminy.</td><td colspan="2">1. Zdrojem uhlíku a dusíku jsou organické látky.
2. Využívají energii uvolněnou oxidacemi organických látek.
3. Vyžadují vitaminy.</td></tr>
<tr><td>FOTOTROFNÍ</td><td>CHEMOLITOTROFNÍ</td><td colspan="2">CHEMOORGANOTROFNÍ</td></tr>
<tr><td>fotosyntetizující bakterie, sinice, prochlorofyty</td><td>bakterie sirné, vodíkové, železité, nitrifikační</td><td>saprofyti
(žijí na odumřelé organické hmotě)</td><td>paraziti
(žijí na živé organické hmotě)</td></tr>
</table>

– **bakterie fakultativně anaerobní.** V přítomnosti kyslíku ho dýchají, v jeho nepřítomnosti využívají k dýchání náhradní anorganické látky *(dusičnany, sírany, uhličitany)* nebo fermentují *(např. Escherichia coli)*.

• Fyziologickou zvláštností některých prokaryot je schopnost **fixace vzdušného dusíku**. Byla prokázána přibližně u 50 druhů bakterií a přibližně stejného počtu druhů sinic.

• Jinou fyziologickou zvláštností některých bakterií je jejich **schopnost žít v extrémně nepříznivých podmínkách**, kde jiné formy života nemohou existovat *(např. **termální bakterie**, žijící v horkých pramenech a horkých vodách poblíž podmořských vulkánů, **acidofilní bakterie**, žijící v kyselých vodách, jejichž pH je menší než 2, **halofilní bakterie**, žijící v solných jezerech, apod.)*.

• **Fotoautotrofie** existuje u prokaryot ve dvojím uspořádání:

a) **sinice a prochlorofyty** stejně jako chloroplasty **eukaryotních rostlin** užívají k redukci oxidu uhličitého na asimiláty molekuly vody a jejich fotosyntetický aparát obsahuje dva fotosystémy. Vedlejším produktem jejich fotosyntézy je kyslík.

b) **fotosyntetizující bakterie** používají k redukci oxidu uhličitého na asimiláty molekuly sulfanu, jednoduché organické látky nebo vodík. Obsahují jeden fotosystém a neprodukují jako vedlejší produkt kyslík.

• **Patogenita**

je stálá schopnost některých bakterií vyvolávat za určitých podmínek onemocnění. Mikroorganismy mohou vyvolávat onemocnění dvěma základními způsoby:

a) **Invazivitou**. Mikroorganismus pronikne do tkáně, pomnoží se a poškozuje strukturu a funkce.

b) **Toxicitou**. Některé mikroorganismy produkují jedovaté *(toxické)* látky, které mohou poškozovat hostitelský organismus. Omezený počet mikroorganismů tvoří toxiny i mimo hostitelský organismus a toxiny působí **intoxikaci**, např. při použití kontaminovaných potravin *(např.* **botulotoxin**, tzv. *klobásový jed* produkovaný *Clostridium botulinum*, nebo stafylokokový **enterotoxin**, produkovaný *Staphylococcus aureus*, apod.).

– *Inkubační doba* je doba charakteristická pro patogenní organismus od jeho vniknutí do těla až po jeho projev v podobě onemocnění.

– *Epidemie* je hromadný výskyt infekčního onemocnění v určitém místě a časovém omezení.

– *Pandemie* je lavinovité šíření epidemie po kontinentu.

– *Endemie* je stálý výskyt infekční choroby v určité oblasti bez časového omezení.

Původci vážných onemocnění jsou také riketsie a mykoplazmata.

• **Riketsie** jsou bakterie malých rozměrů, žijící jen v živočišných buňkách. Nejsou tedy samostatné, mají však buněčnou stěnu jako ostatní bakterie. Jsou přenášeny hlodavci a hmyzem. Například *Rickettsia prowazekii* je původcem skvrnitého tyfu.

• **Mykoplazmata** jsou nejmenší a nejjednodušší volně žijící prokaryota z oddělení bakterií, schopná samostatného množení. Postrádají buněčnou stěnu, mají však trojvrstevnou cytoplazmatickou membránu. Napadají dýchací, močové a pohlavní ústrojí člověka. *(Např. Mycoplasma pneumoniae vyvolává zánět plic – pneumonii)*.

GENETIKA PROKARYOT

Má své zvláštnosti, které vyplývají z toho, že prokaryota jsou **organismy haploidní**. Každá změna v genomu se projeví změnou vlastností buňky. Ke změně genetické informace může např. u bakterií dojít dvěma způsoby:

a) **mutací;**

b) **přijetím části cizí molekuly DNA**, chromozomální nebo plazmidové. Nová DNA buď zůstává v cytoplazmě ***(plazmid)***, nebo se začleňuje do chromozomů navíc ***(episomální plazmid)***, nebo je na místo homologického úseku původního chromozomu včleněna procesem crossing-over *(viz doplněk: rozmnožování bakterie E. coli: viz str. 71)*.

EVOLUCE PROKARYOT

Prokaryota tvoří dvě evoluční větve: jedna vedla k archeím, druhá k bakteriím.

• **Arche** se odlišují od bakterií tím, že v buněčné stěně neobsahují peptidoglykan. Nacházejí se v prostředích, která se podobají svými podmínkami těm, jež existovala na Zemi na počátku vývoje organismů. Patří sem anaerobně chemosyntetizující **methanové bakterie**, které žijí v močálech bohatých na tlející organické látky a které produkují methan. Jsou také součástí trávícího traktu zvířat a člověka. **Halofilní bakterie**, žijící v silně koncentrovaných slaných vodách, a **termoacidofilní bakterie**, žijící v horkých pramenech, v blízkosti podmořských vulkanických výlevů a v silně kyselých roztocích *(pH 2)*. Archebakterie jsou vývojově bližší eukaryotům než eubakterie.

• **Bakterie** zahrnují fotosyntetizující **purpurové bakterie** a **zelené bakterie**. Některé z nich ztratily fotosyntetická barviva a přeměnily se na aerobní heterotrofy. Z nich se pravděpodobně některý druh endosymbiózou mohl přeměnit na mitochondrie. Dále sem patří **grampozitivní bakterie**, obsahující ve svých buněčných stěnách sloučeniny, jež se barví Gramovými barvivy, **sinice** a **prochlorofyty**, obsahující jako asimilační barvivo chlorofyl **a**. Z nich některé endosymbiózou daly pravděpodobně vznik chloroplastům.

TAXONOMIE A SYSTÉM PROKARYOT

Systematika prokaryot je velmi obtížná, což je způsobeno jednak stále novými a převratnými objevy v mikrobiologii, jednak jejich velkou genetickou proměnlivostí. Proto je např. současně užívaný systém bakterií umělý.

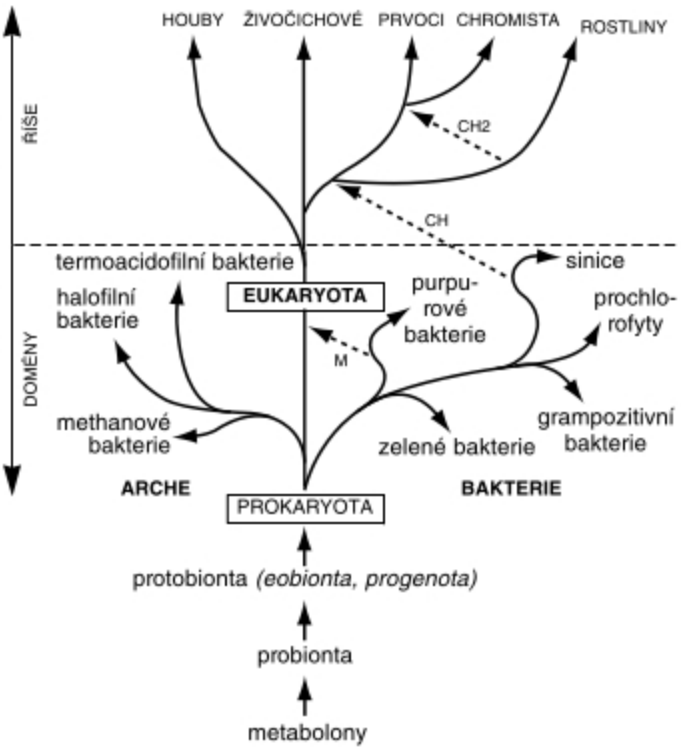


Schéma vývoje hlavních říší organismů

M – vznik chemoheterotrofní eukaryotické buňky **endosymbiózou** malé aerobní bakterie *(protomitochondrie)* s větší hostitelskou prokaryotickou buňkou

CH – vznik fotoautotrofní eukaryotické buňky **primární endosymbiózou** větší hostitelské eukaryotické buňky s menší oxygenní fotosyntetizující bakterií *(sinicí)*

CH2 – vznik fototrofních eukaryotických buněk *(prvoci, chromista)* **sekundární endosymbiózou** heterotrofní hostitelské buňky s menší fotoautotrfní eukaryotickou buňkou *(řasou)*

EUKARYOTNÍ ORGANISMY

(rostliny, houby, prvoci, chromista, živočichové)

Eukaryotní organismy mají těla složená z buněk s diferencovaným jádrem a s biomembránovými strukturami. Ve srovnání s prokaryotními buňkami jsou eukaryotní buňky řádově větší a mnohem složitější. Eukaryotní buňky existují v přírodě jednak jako samostatné jednobuněčné organismy *(prvoci, jednobuněčné řasy a houby)*, jednak jako součást tkání mnohobuněčných organismů.

JEDNOBUNĚČNÉ ORGANISMY

netvoří systematicky uzavřenou skupinu. Vyznačují se velkou tvarovou rozmanitostí. Na jedné straně existují typy společné pro různé skupiny – např. typy bičíkaté nebo měňavkovité, na druhé straně jsou specializované organismy s vyhraněnými morfologickými a funkčními vlastnostmi, které nemají u jiných skupin obdoby *(např. rozsivky s křemičitými schránkami, kořenonožci se svými schránkami nebo nálevníci s řadou specializovaných ústrojků a specifickým jaderným aparátem)*. Tvarová a funkční rozmanitost jednobuněčných eukaryot není omezena jen na rozdíly mezi

druhy. I jedinci téhož druhu se někdy vyskytují ve formách tvarově a fyziologicky odlišných *(např. myxaméby a myxomonády u hlenek, pohlavní a nepohlavní stadia u výtrusovců)*. Je třeba si však uvědomit, že v průběhu svého **životního cyklu** mají různé formy téhož organismu stejnocenná jádra jako nositele genetické informace. V průběhu životního cyklu se pravděpodobně střídavě uplatňují různé skupiny genů.

MNOHOBUNĚČNÉ ORGANISMY

se vyznačují velkou tvarovou a funkční diferenciací buněk. Je skutečností, že mnohobuněčné organismy jsou vystavěny z eukaryotních buněk. Prokaryota jsou sice evolučně mnohem staršími organismy, pravé mnohobuněčné organismy se však mezi nimi nevyvinuly *(vláknité sinice jsou více koloniemi než mnohobuněčnými organismy)*.

• **Buňky mnohobuněčných eukaryot jsou diferencovány** v řadu typů, specializovaných pro rozmanité funkce. Diferenciace se projevuje několika způsoby:

– **Charakteristickým tvarem buněk.**

– **Vytvořením určitých struktur nebo zmnožením** struktur potřebných pro výkon určité funkce *(např. buňky asimilačních pletiv obsahují hojně chloroplasty, svalové buňky obsahují myofibrily, žlázové buňky mají nápadně vyvinuté endoplazmatické retikulum a mnoho ribozomů apod.)*.

– Někdy naopak v průběhu diferenciace některé **základní struktury v buňce vymizí** *(např. buňky přeměněné na cévy a cévice u rostlin, bezjaderné červené krvinky u savců aj.)*.

Život mnohobuněčného organismu jako celku je řízen souhrou činností specializovaných buněk. Tuto souhru zajišťují **fyziologické regulační mechanismy** *(hormonální a nervové)*. S výjimkou odumřelých buněk si však všechny tkáňové buňky udržují relativní samostatnost, jejímž důsledkem je schopnost reagovat na jednoduché signály z řídících center. **Funkční nadřazenost mnohobuněčných eukaryot nad jednobuněčnými** spočívá v tom, že mnohobuněční pracují se **dvěma úrovněmi regulací:** s nižší buněčnou, které je nadřazena vyšší organismální. Celek složený z relativně autonomních prvků je schopen mnohem složitějších výkonů než celek s jedinou regulační úrovní.

ROZMOŽOVÁNÍ BUNĚK, BUNĚČNÝ CYKLUS

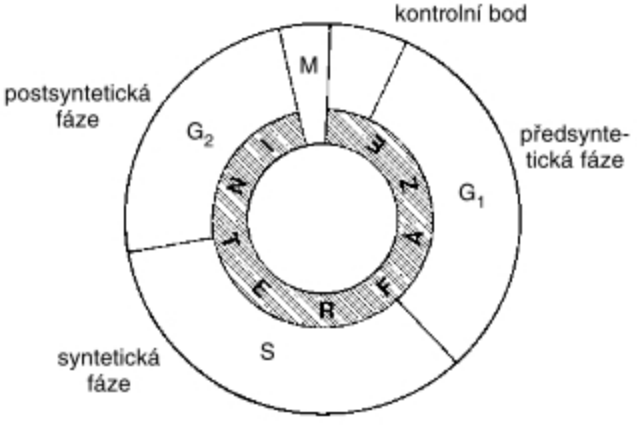
Eukaryotické buňky se rozmnožují mitoticky. Mateřská buňka se rozdělí na dvě buňky dceřinné, shodné ve svých vlastnostech s buňkou mateřskou. Má-li se mateřská buňka dělit, musí z okolí přijmout dostatečné množství látek a energie, aby mohla nasyntetizovat dostatečné množství bílkovin, nukleových kyselin a jiných látek a vytvořit dvojnásobný počet buněčných organel. Existence dceřiných buněk začíná tedy uvnitř mateřské buňky a její rozdělení je dokončením takto započatého reprodukčního procesu. Nově vzniklé dceřiné buňky započnou ihned znovu přípravné procesy pro další dělení a po určité době se opět rozdělí. Takto se přípravné procesy a následující dělení neustále cyklicky opakují. Cyklus ohraničený dvěma děleními se nazývá **buněčný cyklus**. Skládá se z několika fází.

– *První fáze* se nazývá předsyntetická a označuje se jako **G_1 fáze** (*z anglického „gap = mezera“*). Může být velice rychlá *(například u buněk embrya)*, takže lze stěží tvrdit, že existuje. Některé buňky však zůstanou trvale v G_1 fázi a nikdy se znovu nedělí *(například nervové buňky)*. Součástí G_1 fáze je tedy kontrolní uzel *(bod)* celého buněčného cyklu, rozhodující o jeho průběhu. Doba trvání této fáze je v průměru $^1/_3$ trvání celého cyklu.

– *Druhá fáze* se nazývá syntetická a označuje se jako **S fáze**. Trvá rovněž asi $^1/_3$ doby cyklu. Probíhá v ní replikace jaderné DNA a dochází ke zdvojení jaderných chromozomů. Zdvojené chromozomy zůstávají stále spolu spojeny v místě centromery a od sebe se oddělí až později *(v anafázi mitózy)*.

– *Třetí fáze* se nazývá postsyntetická a označuje se jako **G_2 fáze**. Buňka dále roste, přibývá v ní buněčných struktur. Trvá asi $^1/_4$ doby cyklu. Existuje několik případů, kdy buňky zůstanou trvale ve fázi G_2. Replikují svoji DNA, ale nedělí se *(například srdce dospělého člověka)*.

– *Čtvrtá fáze* se nazývá mitotická a označuje se jako **M fáze**. Vytváří se dělicí *(mitotický)* aparát, mizí jaderná membrána a začíná mitóza, sestávající ze čtyř mitotických fází *(profáze, metafáze, anafáze a telofáze)*. Končí rozdělením jádra. Trvá v průměru asi $^1/_{10}$ doby buněčného cyklu.



U většiny eukaryotických buněk je rozdělení jádra *(karyokinéza)* spojeno s vlastním rozdělením buňky *(cytokinéza)*. Vyskytují se však také případy, kdy se jádro rozdělí, avšak buňka se nerozdělí. Tak vznikají dvoujaderné, případně vícejaderné buňky. Z tohoto vyplývá, že mechanismy, které kontrolují rozdělení jádra, nejsou totožné s mechanismy kontrolujícími vlastní dělení buněk.

- **Generační doba buňky**

je dána trváním buněčného cyklu. Je podmíněna geneticky a je u různých buněk různá. Například živočišné buňky ve tkáňových kulturách mají generační dobu několik hodin, buňky prvoků až 24 hodin. Geneticky naprogramovaná doba se realizuje pouze v optimálních podmínkách. Za zhoršených podmínek se generační doba prodlužuje, při úplném nedostatku živin v prostředí se buněčný cyklus zastavuje.

- **Regulace buněčného cyklu**

Fáze jsou řízeny chemickými látkami *(mitogenetickými faktory).* Tyto látky jednak dělení podněcují *(stimulátory),* jednak zastavují *(inhibitory).* U rostlin jsou to například fytohormony. U člověka se jedná o látky typu polypeptidů nebo malých bílkovin obsažených v krevním séru. Vlivem některých látek nebo působením virů může být regulace buněčného cyklu narušena, buňky se nekoordinovaně dělí a vznikají nádory.

DIFERENCIACE TKÁŇOVÝCH BUNĚK

spočívá v tom, že se nerealizuje celý obsah genetické informace, ale jen její část. Při diferenciaci se tedy v každém typu buněk aktivuje určitý soubor genů, zatímco jiné geny zůstávají blokovány. Příčiny, které vyvolávají **diferenční genovou aktivitu**, nejsou dosud úplně objasněny. Patří mezi ně:

- **Vzájemné působení cytoplazmy a jádra**

Cytoplazma vajíčka není homogenní a při rýhování se tak dostávají dceřiná jádra do poněkud odlišného prostředí.

- **Vzájemné působení různých částí embrya na sebe**

U embrya obratlovců se z části ektodermu zakládá nervová trubice tam, kde se k ektodermu zevnitř přiloží mezoderm. Transplantací mezodermu lze vyvolat vznik nervové trubice i v jiných částech ektodermu.

Není ani dosud dostatečně prokázáno, že dceřiná jádra vzniklá mitózou jsou dokonale rovnocenná.

PROGRAMOVANÁ BUNĚČNÁ SMRT *(APOPTÓZA)*

je vyvolána aktivací specifických genů. Buňka se rozpadá na váčky obalené biomembránou a její DNA je nevratně rozštěpena eudonukleázami. tento způsob smrti není spojen s aktivací imunitního systému a nedochází k zánětu. Naopak násilné poškození buněk vede k nekróze, rozpadu, vylití obsahu buňky a ke vzniku zánětu.

NÁDOROVÉ BUŇKY

se vyskytují častěji u starších lidí. Jsou to buňky, které se vymkly regulačním mechanismům organismu. Ztratily částečně nebo úplně vlastnosti diferencovaných buněk, mají odlišný metabolismus, trvale se dělí a vzniká **nádor**. Jednotlivé buňky se z nádoru uvolňují a krví jsou zanášeny na jiná místa těla, kde vznikají další nádory – **metastázy**. Přeměna normálních buněk na buňky zhoubných nádorů se označuje jako **maligní transformace**. Pokusně lze vyvolat maligní transformaci účinkem ionizujícího záření nebo působením některých chemikálií, tzv. **karcinogenů**. Maligní transformaci mohou vyvolávat i viry *(viz dříve provirus)*, neznamená to však, že rakovina je nakažlivá choroba. Je patrné, že příčinou maligní transformace buňky je nadměrná aktivace určitých genů – **onkogenů**, které jsou pravděpodobně normální součástí genetického vybavení buňky. V normální buňce jsou však pod kontrolou.

I když vznikne v organismu rakovinová buňka, nemusí nezbytně vytvořit nádor. Většina takových buněk je zničena imunologickými reakcemi. Proč ojediněle unikne rakovinová buňka „imunologickému dozoru“, není dosud objasněno.

ENERGETIKA ŽIVÝCH SYSTÉMŮ

PŘEMĚNA CHEMICKÉ ENERGIE V POHYBOVOU

MOLEKULOVÉ MOTORY

Kdekoliv je život, setkáváme se s aktivními pohyby nejrůznějších forem. Aktivní pohyb organismů *(lokomoce)* pomocí bičíků *(u spermií),* améboidní pohyb *(u měňavek),* pohyb pomocí svalů, jsou jednou z nejnápadnějších forem biologického pohybu. Pozorujeme-li život jedné buňky, zjistíme, že i on je spojen s neustálým vnitřním pohybem. Uvnitř buňky proudí cytoplazma, buněčné organely se organizovaně přemisťují z místa na místo, pomocí pohybu měchýřků přijímá buňka rozpuštěné látky z prostředí *(pinocytóza),* pohlcuje větší částečky *(fagocytóza),* vydává látky do okolí *(exocytóza),* při dělení buňky putují chromozomy do dceřiných buněk. Všechny zmíněné formy pohybu jsou založeny na stejném principu – funkci molekulových motorů.

Motorem se z fyzikálního hlediska rozumí stroj či zařízení přeměňující některou z forem energie v energii pohybovou *(kinetickou).* V motorech biologické povahy se přeměňuje na kinetickou energii energie chemická. Ta se uvolňuje nejčastěji při hydrolytickém štěpení kyseliny adenosinfosforečné *(ATP).*

Z chemického hlediska je molekulový motor komplex několika molekul bílkovin velikosti asi 20 nm. Seřazením vedle sebe by se tedy vešlo do 1 mm asi 50 000 těchto motorů.

Princip strukturní organizace je u molekulových motorů stejný. Všechny mají tzv. **motorovou doménu** – polypeptid s enzymovou aktivitou *(štěpí ATP),* který se současně posunuje po podložce. Na motorovou doménu je připojeno několik dalších polypeptidů *(s různými funkcemi)* a na ně je připojen koncový polypeptid – **koncová doména** se specifickou afinitou k některým jiným molekulám a buněčným strukturám.

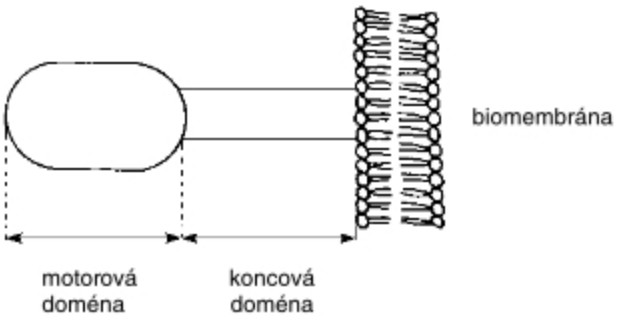


Schéma molekulového motoru propojeného s biomembránou

Přeměna chemické energie na energii mechanickou v molekulových motorech je umožněna enzymovou aktivitou motorů. Motory katalyzují hydrolýzu kyseliny adenosinfosforečné *(jsou to ATP-ázy).* Rozštěpením makroergní vazby ATP se uvolní energie, která změní tvar motoru, a to tak, že se v prostoru poněkud posune po nějaké podložce. Při hydrolýze další molekuly ATP se motor opět posune stejným směrem. Při opakování hydrolytických cyklů se tak motor pohybuje po podložce určitým směrem. Délka posunu při jednom cyklu je asi 10–20 nm, rychlost posunu může být až 100 nm za sekundu.

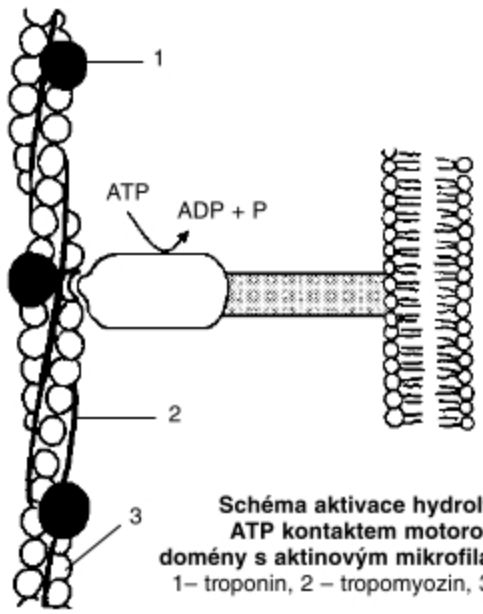


Schéma aktivace hydrolýzy ATP kontaktem motorové domény s aktinovým mikrofilamentem
1– troponin, 2 – tropomyozin, 3 – aktin

Motory se pohybují po strukturách cytoskeletu. Cytoskelet tvoří mikrotubuly a mikrofilamenta.

Mikrotubuly jsou tenké trubičky, mající v průměru 25 nm, tvořené bílkovinou *tubulinem.*

Mikrofilamenta jsou tenká vlákna *(7 nm v průměru)*, tvořená bílkovinou *aktinem*. Tyto trubičky a vlákna jsou v cytoplazmě všech buněk *(s výjimkou buněk prokaryotních)* a ve všech buněčných strukturách specializovaných na pohybové funkce *(bičíky, řasinky, panožky, dělicí vřeténka, myofibrily svalových buněk).* Hydrolýzu ATP spustí motor jedině kontaktem s mikrotubulem nebo mikrofilamentem. **Motory jsou tedy ATP-ázy aktivované tubulinem, resp. aktinem.**

- **Typy molekulových motorů**

Mikrotubuly i mikrofilamenta jsou polarizovány. Jeden konec se konvenčně označuje jako plus-konec, druhý minus-konec.

Motory aktivované tubulinem se pohybují podél mikrotubulů, motory aktivované aktinem se pohybují podél mikrofilament. Motory vázané na mikrotubuly se obecně nazývají **kineziny** *(z řeckého kinesis = pohyb),* nebo **dyneiny** *(z řeckého dynamis = síla).* Kineziny se pohybují od minus-konce mikrotubulů k jejich plus-konci, dyneiny od plus-konce k minus-konci. Kineziny tedy přemisťují „náklad" *(např. exocytózové měchýřky vznikající z Golgiho aparátu)* od středu buňky k jejímu okraji, dyneiny naopak od povrchu buňky k jejímu středu *(např. fagocytární vakuoly).*

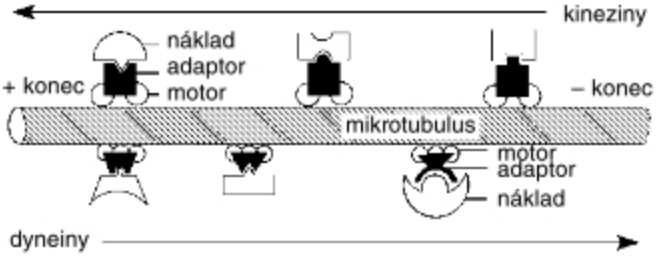


Schéma pohybu kinezinu a dyneinu podél mikrotubulu
„Nákladem" jsou měchýřky a jiné buněčné struktury; adaptory jsou specifické bílkoviny mající dvojí specifitu. Rozhodují tedy o tom, jaký „náklad" se veze a kterým směrem.

Motory vázané na mikrofilamenta *(aktin)* se obecně nazývají **myoziny**.

Myozinové „hlavičky" *(motorové jednotky)* se posouvají po aktinových filamentech. Tenká filamenta tvoří bílkoviny: **aktin** *(globulární bílkovina vytvářející polymerní dvojšroubovicové vlákno)*; **tropomyozin**, vytvářející dvě prutovité makromolekuly, vinoucí s v drážkách dvojšroubovice aktinu; **troponin**, sestávající ze tří podjednotek. Vazbou Ca^{2+} iontů na jednu podjednotku troponinu vznikne **Ca^{2+}-troponin**, který allotropickým mechanismem odkryje na aktinu vazebné místo pro navázání myozinové hlavičky, a tím zahájí svalový stah.

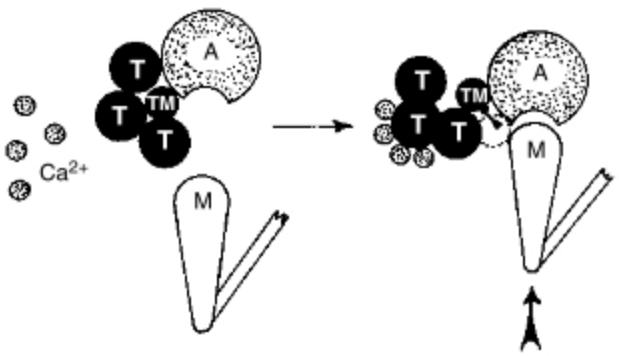


Schéma příčného řezu mikrofilamentem a připojení myozinové hlavičky *(motorové domény)* na aktin
T – troponin, M – myozin, TM tropomyozin, A – aktin

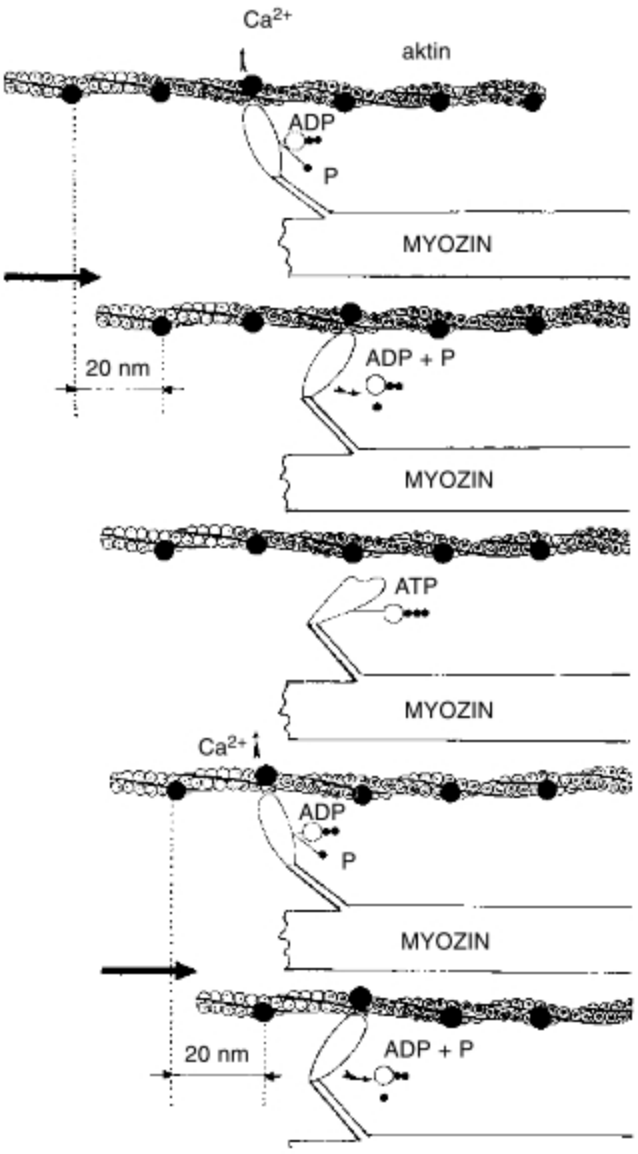
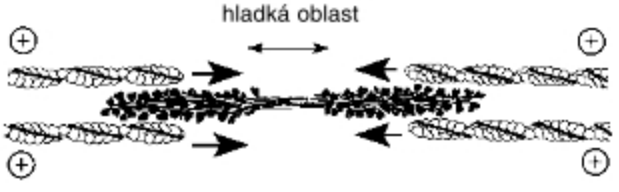


Schéma posunu molekulového motoru po filamentu



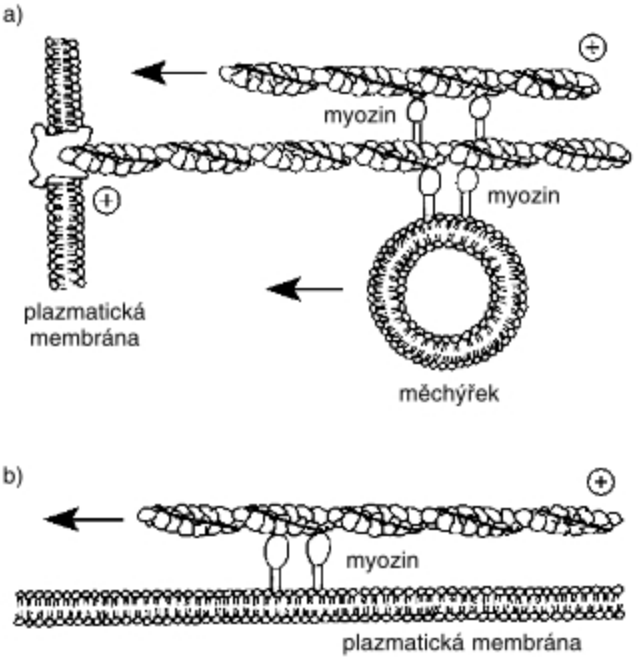
Antiparalelně spojené dva myoziny představují bipolární „sdružený motor", který může mezi sebe teleskopicky zasouvat aktinová mikrofilamenta, jež jsou uspořádána okolo myozinových vláken. To je podstatou svalového stahu.

- **Složitější pohybové funkce motorů**

Buď jsou motory volné a pohybují se v prostoru po mikrotubulu, který je k něčemu upevněn, nebo jsou samy někde upevněny a pohybují mikrotubulem. Při prvním mechanismu motory fungují jako nákladní automobil – přenášejí *(převážejí)* něco někam. Při druhém mechanismu posouvají motory mikrotubuly či mikrofilamenta vůči sobě. V tomto případě jsou motory vázány nejčastěji na jiný mikrotubulus.

První mechanismus se uplatňuje při transportu uvnitř buňky, druhý například při pohybu svalovém.

Podstatou svalového pohybu je vzájemný posun mikrofilament poháněný molekulovým motorem myozinem. V myofibrile, která je vlastním pohybovým aparátem svalové buňky, leží aktinová mikrofilamenta a myozinová vlákna paralelně vedle sebe. Při hydrolýze ATP se aktinová a myozinová vlákna navzájem posunují, a tím působí smrštění myofibrily.



Různé funkce myozinů a aktinových mikrofilament v buňce

a). Myozin připojený na mikrofilamentum upevněné svým plus-koncem v plazmatické biomembráně posunuje jiným mikrofilamentem, nebo přemisťuje membránový měchýřek k okraji buňky.

b) Myoziny zakotvené v plazmatické biomembráně posunují mikrofilamentum vůči této membráně. Výsledkem může být proudění cytoplazmy.

PŘEMĚNY ENERGIE V BUŇKÁCH

Energii pro život na naší planetě dodává Slunce. Zářivá energie ohřívá atmosféru a povrch planety, část této energie pohlcená zelenými rostlinami je přeměněna na **volnou energii živin**. Účinné fotony jsou absorbovány molekulami chlorofylu ve struktuře chloroplastů. V nich je zářivá energie přeměněna na tok elektronů a z něho na **tvorbu molekul ATP**. Dále je využita na rozklad molekul vody za vzniku kyslíku, elektronů a protonů *(fotolýza vody)*. Uvolněný **kyslík** se zapojuje do koloběhu v biosféře a nahrazuje kyslík spotřebovaný aerobními procesy.

Elektrony a protony *(vzniklé fotolýzou vody)* ve formě NADH, resp. NADPH, jsou využity k redukci oxidu uhličitého na cukry, v nichž je energie akumulována *(viz fotosyntetická asimilace, strana 75)*. Zářivá energie je tak přeměněna na energii chemickou. Takové reakce, při nichž vznikají produkty energeticky bohatší *(asimiláty)* než reaktanty *(voda a oxid uhličitý)*, se označují jako **reakce endergonické**. Odbouráním energeticky bohatých produktů *(asimilátů)* na látky jednoduché je naopak energie zpět uvolněna ***(reakce exergonické)*** a užita pro „pohon jiných endergonických reakcí", důležitých pro životní činnosti.

Samovolně *(spontánně)* probíhají pouze reakce exergonické. Soustavy při nich přecházejí ze stavu méně pravděpodobného ***(s vyšší organizovaností)*** do stavu více pravděpodobného ***(s nižší organizovaností)***, méně uspořádaného, chaotického.

Život je tedy ustavičná práce, která je v podstatě jakési „uklízení nepořádku (chaosu)", který se tvoří při všech dějích v přírodě. Pro tuto činnost potřebuje organismus energii, což není nic jiného než schopnost pracovat.

• **Univerzálními přenašeči energie v buňce jsou molekuly ATP.** Tato látka má molekulu tak malou, že rychle difunduje po celé buňce, a její energie je tedy k dispozici pro všechny děje, které energii spotřebovávají *(biosyntézy, aktivní transport látek, pohyb)* – na druhé straně je molekula ATP dostatečně velká a polární, takže nemůže projít plazmatickou membránou a používá se pouze v buňce, kde je syntetizována. Jinými slovy: **veškerou ATP, kterou buňka spotřebuje, si musí buňka sama vyrobit**. Energie pro tvorbu ATP je získávána dvěma odlišnými způsoby:

1. Procesem anaerobní oxidace cukrů ***(anaerobní glykolýzou)***, tzv. substrátovou fosforylací.
2. V tylakoidech chloroplastů **fotofosforylací** nebo v biomembránách mitochondrií **oxidativní fosforylací**.

Buňky si mohou poskytovat energii ve formě živin *(např. z tukových tkání se uvolňují do krve mastné kyseliny a glycerol, z jaterních buněk glukóza)*. Tyto substráty, zanesené krví do jiných tkání, jsou v jejich buňkách štěpeny a získaná energie je využita na tvorbu ATP. Krevní plazma tedy ATP nepřenáší.

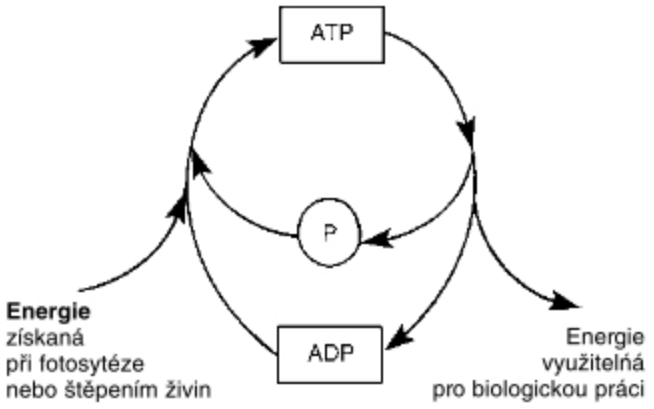


Schéma toku energie v buňce

TERMODYNAMIKA ŽIVÝCH SYSTÉMŮ

Pod pojmem **systém** se v termodynamice rozumí každá část prostoru uzavřená v určitém objemu. Podle druhu interakce termodynamického systému s okolím **rozdělujeme termodynamické systémy** na:

• **systémy izolované**, oddělené od svého okolí úplně, tj. nemohou s ním vyměňovat ani hmotu, ani energii;

• **systémy uzavřené**, které mohou se svým okolím vyměňovat energii *(resp. práci)*, nikoliv však hmotu;

• **systémy otevřené**, vyměňující si se svým okolím jak energii, tak hmotu.

Základními termodynamickými zákony jsou **zákon o zachování hmoty** a **první a druhá termodynamická věta**.

Podle zákona o zachování hmoty může ke změně hmoty v systému dojít pouze přítokem *(odtokem)* hmoty z *(do)* okolí. První věta termodynamická stanoví v podstatě totéž pro energii. Druhá věta termodynamická se zabývá změnami vnitřního uspořádání systému. Pro toto vnitřní uspořádání zavádí veličinu nazývanou entropií. **Entropie určitého systému vyjadřuje míru jeho neuspořádanosti.** Podle druhé věty termodynamické **entropie izolovaného systému nikdy neklesá a entropie systému vzniklého spojením dvou jiných systémů převyšuje součet entropií jednotlivých částí**.

(Demonstrujme si toto tvrzení na příkladu. Představme si nádobu rozdělenou přepážkou na dvě poloviny. V levé polovině je uzavřen plyn, zatímco pravá polovina je prázdná. Propojením obou polovin proudí plyn do pravé části a brzy vyplní celou nádobu. Jeho molekuly jsou přibližně rovnoměrně rozloženy v celém objemu nádoby. Takový stav je méně uspořádaný než výchozí stav, kdy se molekuly plynů nacházely jen v levé polovině. Entropie plynu tedy vzrostla.)

Čím je uspořádanost systému menší, tím je entropie větší a naopak.

Pro studium dynamiky termodynamických systémů má význam změna entropie za časový okamžik.

Označíme-li entropii S a její změnu dS, lze tuto změnu rozložit

$$dS = d_iS + d_eS \quad (1)$$

kde d_iS představuje příspěvek ke změně entropie vyvolaný procesy uvnitř systému, d_eS je příspěvek ke změně entropie vyvolaný přítokem *(odtokem)* entropie z *(do)* okolí. Pro složku d_iS stanoví druhá termodynamická věta podmínku, že změna entropie vyvolaná pochody uvnitř systému může být pouze kladná

$$d_iS \geq 0 \quad (2)$$

Řečeno jinými slovy, chemické a fyzikální pochody uvnitř systému, brány samy o sobě, snižují jeho organizovanost. Uvažujeme-li tedy vývoj v **izolovaném systému**, dospěje za dostatečně dlouhý časový vývoj do maximálního chaosu *(dezorganizace)* čili entropie, tj. do největší stability, do **rovnovážného stavu**.

Protože izolované systémy nevyměňují s okolím ani hmotu, ani energii, nevyměňují ani entropii. Člen d_eS z první rovnice je potom nulový a platí

$$dS = d_iS \geq 0 \quad (3)$$

U otevřených systémů je však situace jiná. Člen d_eS není nulový a jeho velikost závisí na interakci systému s okolím. Jsou-li pochody v systému takového rázu, že pro jejich interakci s okolím bude platit vztah

$$-d_eS > d_iS \quad (4)$$

bude pro celkovou změnu entropie platit

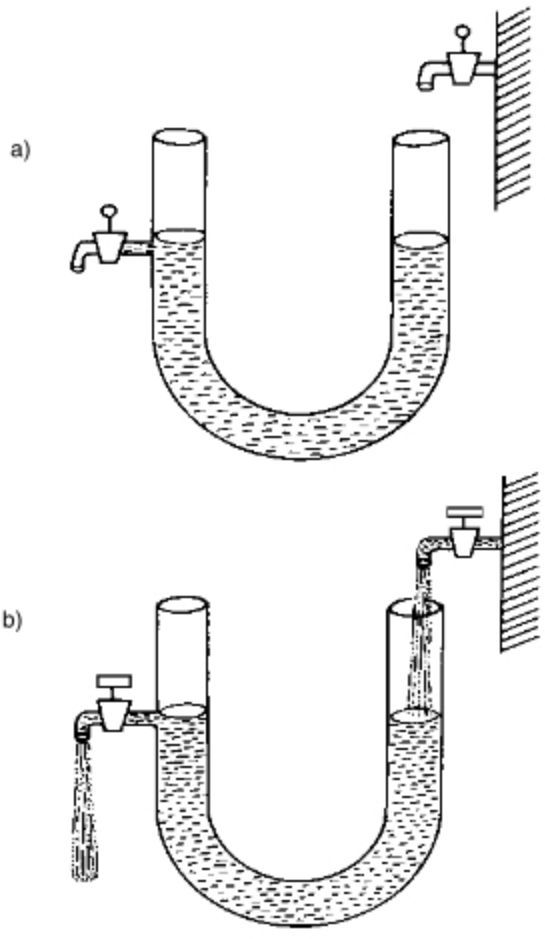
$$dS = d_eS + d_iS < 0 \quad (5)$$

Přítok entropie do systému je pak záporný. Znamená to, že vnitřní pochody v systému a interakce systému s okolím jsou takového rázu, že se ze systému vyplavuje více entropie za časovou jednotku, než se jí v systému vyprodukuje. Například nepotřebné, nefunkční či poškozené bílkoviny musí být z buňky aktivně, rychle a účinně odstraněny. Buňka nečeká, až se tyto bílkoviny pozvolna samovolně rozpadnou *(jak zaručují termodynamické zákony)*, nýbrž vynakládá na jejich odstranění značné množství energie *(viz doplněk str. 368 **Buněčný odpad**)* Pokud tedy platí vztah (4), je výsledná změna entropie záporná, tzn. že **organizovanost systému vzrůstá**. A to je právě případ, který pozorujeme u živých systémů.

Závěr:

Organismy jsou systémy otevřené, a mohou být tedy přítokem hmoty a energie udržovány v **nerovnovážném stavu**. Při určitém uspořádání přítoku a odtoku hmoty a energie může nastat takový stav, kdy se žádná termodynamická veličina* nemění, přesto však nemusí být rovnovážný. Jde o **stacionární** neboli **ustálený stav**.

* Termodynamické veličiny dělíme do dvou skupin: **veličiny extenzivní**, které charakterizují termodynamický systém jako celek *(např. jeho hmotnost, objem, celkový elektrický náboj)*, a **veličiny intenzivní**, mající rozdílné hodnoty v jednotlivých bodech systému *(např. hustota, teplota, tlak, elektrický potenciál)*.



Modely stavu

a) rovnovážného; b) stacionárního *(ustáleného)*

Termodynamiku lze použít při teoretických řešeních problematiky **ontogeneze** a **fylogeneze** *(viz doplněk str. 367)*.

VZNIK ŽIVOTA NA ZEMI

NÁZORY NA VZNIK ŽIVOTA

■ **Kreační teorie** zastávají názor, že život vznikl náhle, zásahem nadpřirozené síly – Boha. K přírodovědcům zastávajícím ideu stvoření patřili v minulosti např. **C. Linné, R. Hooke, J. B. Lamarck** aj. I dnes mají kreační hypotézy řadu zastánců. Z nich však mnozí uznávají evoluční myšlenky. Nejvýznamnějším představitelem tzv. **křesťanského evolucionalismu** byl **P. Teilhard de Chardin**.

■ **Teorie samozplození** měla svůj původ již u starověkých filosofů. Předpokládala vznik organismů přímo z neživé hmoty. S postupným poznáváním organismů se představa posouvala ke stále nižším organismům, až posléze francouzský chemik **Louis Pasteur** důmyslnými pokusy prokázal, že náhle a samovolně z neživé hmoty nemohou vzniknout ani mikrobi.

■ **Teorii panspermickou** rozpracoval na počátku minulého století švédský chemik **S. Arrhenius**. Ten předpokládal, že život je rozšířen po celém vesmíru ve formě zárodků *(kosmozoí)*, které v případě, že dopadnou na vesmírné těleso s podmínkami vhodnými pro život, rozvinou se do vyšších složitějších forem. Tuto teorii v současné době zastává např. i spoluautor a objevitel struktury DNA **H. C. Crick**. Domnívá se, že genetický kód je tak jednotný a složitý, že pro jeho evoluci nebylo na Zemi dost času.

■ **Teorie evoluční abiogeneze** předpokládá vznik života postupným vývojem z neživé hmoty přímo na Zemi *(autochtonně)*, proto také bývá označována jako **teorie autochtonní abiogeneze**.

Evoluční proces vzniku života zahrnuje dvě stránky: materiálovou ***(chemickou evoluci)***, zabývající se vznikem stavebních látek živé hmoty, a informační ***(biologickou evoluci)***, tj. vznik buněk a jejich vývoj až po dnešní dobu. Jde o hypotézu *(základní dogma molekulární biologie), jejíž jednotlivé fáze lze laboratorně modelovat za podobných podmínek, které pravděpodobně existovaly v historických obdobích vývoje zemské kůry. Jde o teorii nevratného procesu, teorii otevřenou, která je dalšími fakty a poznatky experimentů neustále doplňována, opravována a zpřesňována.*

• **Chemická evoluce** proběhla v několika etapách a zahrnuje v sobě:

1. Vznik jednoduchých organických sloučenin abiogenetickou cestou již v období formování zemské kůry, tj. před více něž 4 mld. let. Prvotní zemská atmosféra neobsahovala kyslík, jak dokazuje studium složení nejstarších sedimentů vyskytujících se na Zemi. Na žádném jiném tělese naší sluneční soustavy nebyl molekulární kyslík dokázán. Jako velmi reaktivní látka se nemůže na planetě udržet, pokud není neustále doplňován. Praatmosféra Země měla tedy **redukční ráz** a obsahovala řadu jednoduchých sloučenin, jako např. vodu, vodík, oxid uhličitý, amoniak, dusík, fosfan, kyanovodík, sulfan, jednoduché plynné uhlovodíky vznikající hydrolýzou karbidů v zemské kůře aj. Z těchto látek, je-li dodána energie, mohou vzniknout jednoduché organické sloučeniny, jako např. aminokyseliny a dusíkaté heterocykly, které jsou základními stavebními jednotkami bílkovin a nukleových kyselin. Zdrojem energie pro tyto přeměny byla především UV část slunečního záření, která nebyla tedy ještě odfiltrována později vzniklou ozónovou vrstvou, teplo vulkanických pochodů a elektrické výboje v atmosféře. Tvorbu aminokyselin a dusíkatých heterocyklů dokázali svými modelovými laboratorními pokusy v padesátých letech tohoto století američtí biochemikové **S. Miller, J. Oró.**

S. Miller např. v uzavřené vzduchotěsné aparatuře nechal probíhat směsí ohřátých plynů (vodíku, methanu, amoniaku a vodních par) elektrický výboj. V získaném kondenzátu potom dokázal řadu organických sloučenin, mezi nimiž byly i některé proteinogenní aminokyseliny.

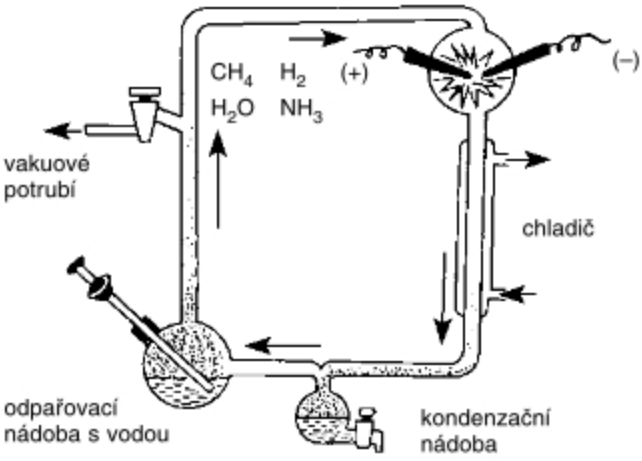
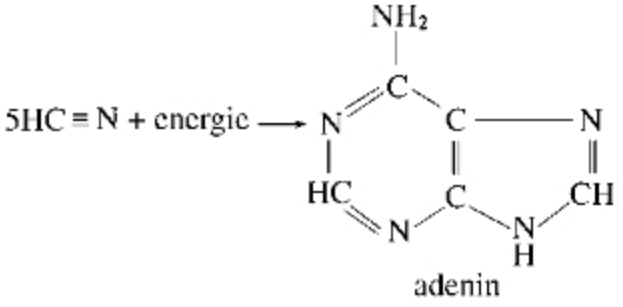


Schéma Millerovy aparatury

Miller pokus opakoval, nechal cirkulovat stejnou směs, ale bez působení elektrického výboje. V tomto případě neobdržel žádné organické sloučeniny. Později další experimentátoři prováděli podobné pokusy se směsmi látek, o nichž předpokládali, že byly složkami praatmosféry, a vždy dosáhli pozitivních výsledků. Jestliže byl ve směsi přítomen kyanovodík, byl mezi produkty reakce dokázán také **adenin**, který je důležitou složkou ATP, NAD, DNA, RNA a dalších sloučenin. Kyanovodík mohl v praatmosféře vznikat z amoniaku a methanu dodáním energie:

$$NH_3 + CH_4 + \text{energie} \rightarrow HCN + 3H_2$$



adenin

Dalšími důmyslnými pokusy byla potvrzena i možnost abiogenetického vzniku **bílkovinných látek** a primitivních nukleových kyselin *(např. americký biochemik **S. W. Fox** zahříval v bezvodém prostředí na fosfátových horninách směs proteinogenních aminokyselin při teplotách nad 100 °C a obdržel jednoduché bílkoviny – **protenoidy**).*

Podle anglického fyzika **J. D. Bernala** mohlo dojít k polymeracím na jílovitých materiálech.

Organické látky vznikající abiogenetickou cestou vytvářely pravděpodobně masu hromadící se na dnech pranádrží, v kalužích lagun při pobřežích či v oddělených tůňkách toků. Odpařením značné části vody působením slunečního záření docházelo k zahuštění roztoků a ke vzniku podmínek pro průběh polymerací.

2. Koacerváty a metabolony

Z koloidních roztoků makromolekulárních látek vznikají za vhodných podmínek *(teploty, přítomnosti iontových sloučenin, určité hodnoty pH)* spojováním koloidních částic s opačnými elektrickými náboji na svém povrchu shluky, které vytvářejí oddělenou disperzní fázi ve formě malých kapiček. Tak vznikly **koacerváty**. *(Modelové pokusy prováděl Rus* ***A. Oparin*** *a Angličan* ***J. B. S. Haldane****).* Fox podobně jako Oparin předpokládal, že buňkám nejdříve předcházely mikroskopické shluky makromolekulárních částic. Tyto tzv. **protenoidní mikrosféry** vznikají spontánně ochlazením vodných roztoků polypeptidů. Mikrosféry vykazují řadu vlastností charakteristických pro buňky, např. zvětšují svůj objem v hypotonickém prostředí a naopak se smršťují v hypertonickém prostředí, mají dvojitý obal, jejich vnitřní obsah se pohybuje podobně jako cytoplazma v buňkách, rostou, zvyšují svoji komplexnost a mají tendenci shlukovat se do chomáčků různých typů, připomínajících útvary známé u bakterií. Jsou-li vystaveny účinkům slunečního záření, ustavuje se na jejich membránách elektrický potenciál, stejně jako je tomu na biomembránách všech buněk.

Kapičky disperzní fáze koacervátů či proteinoidní mikrosféry představují první **termodynamický otevřený systém – metabolon**, schopný přijímat z prostředí energeticky bohaté živiny, ty pomocí katalytického účinku některých z protenoidů metabolicky přeměňovat a energeticky ochuzené odpadní látky vylučovat zpět do prostředí. Volná energie metabolických přeměn umožňovala metabolonům některé projevy charakteristické pro organismy, jako pohyb, růst a snad i dráždivost. Přesto nemohou být metabolony označeny za přímé předchůdce živých organismů. Informace o struktuře a katalytické aktivitě protenoidů, jejichž nahodilé uskupení umožnilo metabolické projevy, se ztrácela se zánikem metabolonu. **Nebyla zde přímá generační posloupnost, jež je podmíněna schopností sebeopakování** ***(autoreplikace)*****, bez které nemůže být dalšího vývoje.**

- **Biologická evoluce**

I nejjednodušší bakteriální buňka obsahuje několik tisíc různých druhů makromolekul, jejichž počet kopií jde do milionů *(viz doplněk: složení buňky E. coli: Biologie prokaryot, nižších a vyšších rostlin, hub, str. 71)*, které jsou propojeny v harmonicky fungující celek. Tak složitý celek nemohl vzniknout náhodným seskupením svých složek. Mezi metabolonem a nejjednodušší buňkou existuje tedy obrovská mezera, která musela být překlenuta velmi dlouhým vývojem. Aby mohly některé metabolony nastoupit tuto cestu, musely nejdříve získat schopnost autoreplikace. Tím jim bylo umožněno uchovávat a postupně obohacovat informace o podmínkách své existence. Schopnost autoreplikace je zakódována v nukleových kyselinách. Nukleové kyseliny – RNA a později DNA – se staly nositelkami genetické informace.

Otázka vzniku života tedy souvisí se vznikem genetického kódu a zabezpečením přesné replikace nukleové kyseliny, obsahující ve své struktuře genetickou informaci.

Vznik prabuněk – eobiontů ***(protobiontů)***

Vytvoření genetického kódu s transferovými RNA a skutečnost, že genetickým kódem bylo vybráno právě 20 aminokyselin řady L, dosud uspokojivě vysvětleny nejsou, ale svědčí o pravděpodobně jednotném původu organismů. Při opakované reprodukci genetické informace dochází vždy k chybám, které se postupně hromadí, a nejsou-li odstraněny, vedou k zániku informace. V protobiontech byla opravným činitelem přírodní *(darwinovská)* selekce. Nositelé chybných kopií rostli pomaleji a hynuli dříve. Populace mohla přetrvávat jen tehdy, jestliže úmrtnost v důsledku chyb nepřesahovala rychlost rozmnožování.

Probionty, jako přímí předchůdci organismů, byly nedokonale se replikující systémy bez ustáleného genetického kódu. Jejich systém obsahoval pravděpodobně jednu celistvou molekulu RNA délky několika tisíc nukleotidů, která se replikovala bez účasti enzymů, a tedy značně nepřesně. Autokatalytickým štěpením se některé kopie této RNA štěpily na úseky o délce 70 až 100 nukleotidů, které byly předchůdci dnešních transferových RNA. Protože bezenzymová replikace základní molekuly RNA byla značně nepřesná, vznikal častými mutacemi celý soubor molekul RNA a zůstávaly jen ty, které byly stabilnější a schopné přesné autoreplikace. Ribonukleové kyseliny schopné autoreplikace se nazývají **atoreplikující se ribozymy**. V souboru molekul docházelo tedy k nahodilým fluktuacím, z nichž některé se mohly stát začátkem souběžného vývoje **genetického kódu** a prvního kódovacího enzymu **RNA-polymerázy**. Při některé fluktuaci mohlo náhodně dojít k situaci, kdy určitá molekula RNA soustředila ve své nukleotidové sekvenci tři různé na sebe navazující funkce:

1. **Po autokatalytickém štěpení dala vznik množině ribonukleových kyselin, z nichž každá kódovala jednoznačně určitou aminokyselinu.**
2. **Při překladu se těmito RNA syntetizoval enzym RNA-polymeráza.**

3. Byla selektivně replikována touto RNA-polymerázou, protože ve své sekvenci obsahovala vazebné místo pro tento enzym.

Tím se fluktuace stabilizovala a selektovaná molekula RNA nabyla charakteru pravého genomu. Nutnou podmínkou stability systému je jeho ohraničení membránou. Fosfolipidy se ve vodném prostředí seskupují do dvojvrstevných kulových struktur – **lipozomů** *(viz str. 341)* jejichž vnitřní část je vyplněna vodou. Pokusně bylo zjištěno, že ve směsi lipozomů s molekulami RNA se lipozomy vysušením mění na lineární struktury a po rehydrataci se mění opět na kulovité tvary obalující více než polovinu molekul RNA. Tak vznikly – **protobionty**, prvotní organismy, u nichž došlo k oddělení mechanismu replikace od translace. Tato změna byla spojena se vznikem DNA tzv. zpětnou transkripcí RNA do DNA. *(Reverzní transkripce viz str. 326)*. Molekula DNA je stabilnější a replikuje se přesněji. V živém systému se začaly uskutečňovat tři navzájem oddělené toky informací:

1. **Replikace prostřednictvím DNA** *(umožňující přenos genetické informace při reprodukci buňky)*.
2. **Transkripce DNA do mRNA.**
3. **Translace mRNA do primární struktury bílkovin.**

Praorganismy *(eobionta, progenota)* se vyvíjely ve vodě. Vodní prostředí současně vytvářelo účinnou ochranu před UV zářením, neboť dosud neexistovala ozónová vrstva. Byly to organismy **anaerobně-heterotrofní** *(energii potřebnou pro životní funkce získávaly fermentacemi organických sloučenin vznikajících abiogenetickou cestou)*. Vývojově směřovaly k buňce prokaryotního typu. S postupujícím vývojem a rostoucím množstvím praorganismů se začalo nedostávat abiogeneticky vznikajících organických sloučenin. Začleněním barevných molekul do své struktury získaly některé praorganismy schopnost využívat jako zdroje energie fotonů viditelné části slunečního spektra. Získaly schopnost **fotoautotrofie**. Postupným vývojem vznikly **fotosyntetizující bakterie**, souběžně s nimi **sinice** *(jak dokládají některé mikrofosilie, jejichž stáří se odhaduje na víc než 3,5 mld. let)*. **Typ sinicové fotosyntézy** produkuje jako vedlejší produkt O_2, který významně ovlivnil další vývoj. Atmosféra se začala postupně sytit kyslíkem. Ve výšce 20 až 30 km nad povrchem se začala vytvářet **ozónová vrstva**, zachycující stále více UV složku slunečního záření. Současně došlo k velké redukci anaerobně-heterotrofních organismů, pro které byl kyslík toxickou látkou. Naopak došlo k rychlému šíření organismů, které získávaly energii aerobním způsobem, jenž je energeticky značně výhodnější. Svou originální hypotézu o vzniku života předkládá Thomas Gold *(viz doplněk str. 368)* ve své knize **„The deep hot biosphere“**.

Nové možnosti v evoluci přinesla další událost, jejíž počátek se klade do doby před asi 2 mld. let. Je to vznik eukaryotní buňky s její diploidií, sexualitou, biomembránovými strukturami, možností diferenciace a později v rozmezí před 1,2 až 0,6 mld. let vznikem mnohobuněčných organismů se specializovanými tkáněmi a orgány.

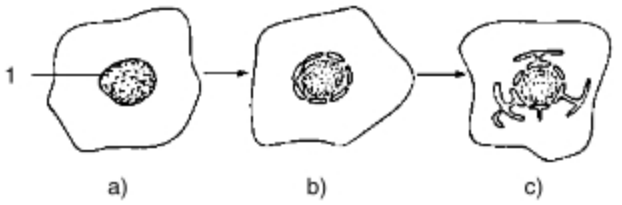


Schéma vývoje eukaryotní buňky
a) prokaryotní buňka s nukleoidem (1)
b) eukaryotní buňka s jádrem ohraničeným dvojitou biomembránou
c) vznik cytoplazmatických biomembrán z jaderné biomembrány

Vznik eukaryotních buněk vysvětluje teorie o endosymbióze. Podle této teorie asi před 2 mld. let pohltily některé prokaryotní buňky menší aerobní prokaryota, která se v pokračujícím vývoji postupně přeměnila na **mitochondrie**. Druhá endosymbióza se uskutečnila přibližně před 1,2 mld. let, kdy některé eukaryotní buňky pohltily menší fotosyntetizující prokaryota, která se v dalším vývoji přeměnila na **plastidy**. *(viz diagram str. 345)*

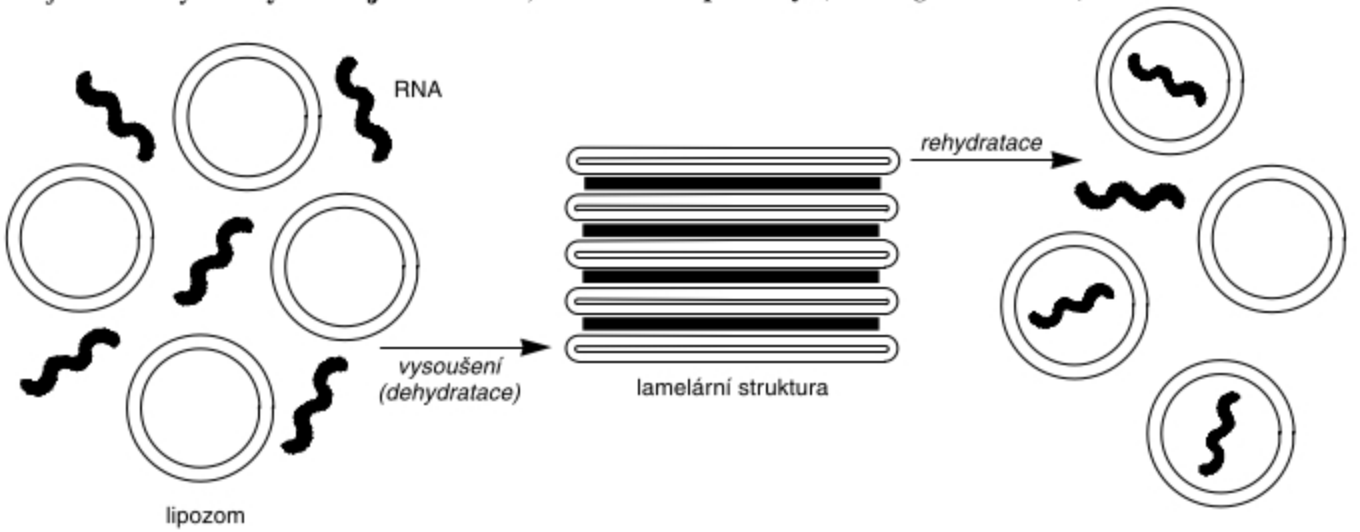


Schéma začlenění translačních systémů *(RNA)* do lipozomů

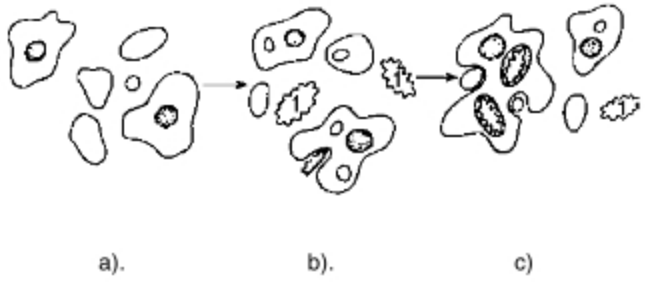


Schéma předpokládaného vývoje eukaryotní buňky s mitochondriemi
a) anaerobně-heterotrofní prokaryota
b) výskyt prvních prokaryot se systémem pro aerobní fosforylaci (1)
c) předchůdce eukaryot *(se dvěma mitochondriemi uvnitř)*

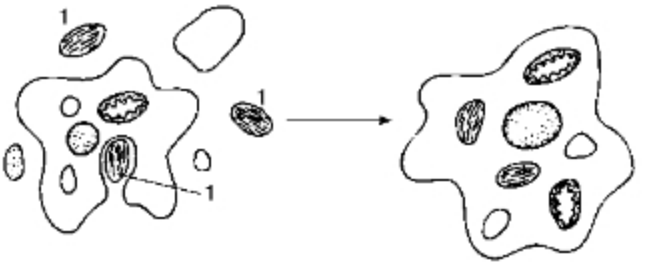


Schéma předpokládaného vývoje fotosyntetizující eukaryotní buňky
a) fagocytóza fotosyntetizujících prokaryot (1)
b) předchůdce fotosyntetizujících eukaryot
(se dvěma chloroplasty a se dvěma mitochondriemi)

Srovnání některých charakteristik prokaryotních a eukaryotních buněk, mitochondrií a chloroplastů, svědčících pro endosymbiotickou teorii

Charakteristika	prokaryotní buňka	eukaryotní buňka	mitochondrie a chloroplasty
velikost	1–10 μm	10–100 μm	1–10 μm
buněčná stěna	obsahuje peptidoglykan *(murein*)*	neobsahuje murein	chybí
jaderná biomembrána	chybí	přítomna	chybí
chromozomy	jediná do kruhu a smyček poskládaná dvoušroubovice DNA, neobsahuje histony	mnohonásobné obsahující histony	jediná do kruhu a smyček poskládaná dvoušroubovice DNA, neobsahuje histony
endoplazmatické retikulum	chybí	obsahuje	chybí
Golgiho aparát	chybí	obsahuje	chybí
lyzozomy	chybí	obsahuje	chybí
mitochondrie	chybí	obsahuje	
chlorofyl	není v chloroplastech	je v chloroplastech	
ribozomy	relativně malé	relativně velké	relativně malé
mikrotubuly a mikrofilamenta (cytoskelet)	chybí	obsahuje	chybí

** Murein – (chemicky se jedná o polysacharidové řetězce, kovalentně křížově propojené kratšími řetězci aminokyselin, vytvářejícími spolu dohromady tuhý skelet).*

BIOLOGICKÁ EVOLUCE

Termín evoluce pro označení historického vývoje života použil poprvé anglický filosof **H. Spencer**. Věda zabývající se podstatou evoluce je však spojována především se jménem **Ch. Darwina** *(1809–1882)* a podle něho nazývána **darwinismem**, později též **neodarwinismem**.Můžeme rozlišit tři úrovně biologické evoluce. Jsou to:

- **mikroevoluce**, zahrnující všechny změny probíhající v populacích patřících k témuž druhu;
- **speciace**, představovaná štěpením vývojových linií a vznikem nových, většinou geneticky od sebe izolovaných druhů;
- **makroevoluce**, tj. vznik a vývoj vyšších taxonů než druh. Zatímco mikroevoluce se projevují v krátkých časových úsecích, lze je ověřovat a v přírodě pozorovat, události speciační a makroevoluční jsou dlouhodobé, historické a neopakovatelné.

VÝVOJ EVOLUČNÍCH TEORIÍ

Nálezy zkamenělin byly známy již starověkým filosofům, ale byly považovány za hříčky přírody nebo za pozůstatky bájných obrů a draků. Na začátku 18. století se také objevil názor, že jsou to zbytky živočichů, kteří zahynuli při biblické potopě světa *(tzv. **škola diluvianistů**, diluvium = potopa)*. Anglický přírodovědec **R. Hooke** *(1635–1703)* zastával názor, že se potopa několikrát opakovala.

Na začátku 19. stol. se jedním z biologických oborů stala **paleontologie**. Její zakladatel, francouzský přírodovědec **G. Cuvier** *(1769–1832)* zavedl do paleontologie používání Linnéova botanického a zoologického systému. Neuznával však proměnu druhů. Zastával Hookův názor o několikerém ponoření a vynoření pevniny a vyslovil myšlenku o celosvětových katastrofách ***(kataklysmatech)***, kterou spojoval názor o stvoření a neměnnosti druhů s paleontologickými poznatky.

LAMARCKISMUS

S přibývajícím množství paleontologických nálezů, jejich studiem a vyhodnocováním vzniká mezi přírodovědci myšlenka *postupného vývoje druhů*. Druhy nejsou stálé, ale postupně se mění. Celý svět podléhá zákonitému postupnému zdokonalování od jednoduchého ke složitému, a to různými směry – vývojové linie se větví. Hlavním zastáncem těchto myšlenek byl francouzský přírodovědec **J. B. Lamarck** *(1744–1829)*. Jeho názory se staly první ucelenou teorií evoluce, označovanou jako **lamarckismus**. Lamarckismus se opírá o představy, že:

- *všechny organismy mají vrozenou schopnost a vůli po pokroku ke složitějším a dokonalejším formám a jednají tak, aby se vyrovnaly s nároky prostředí a přežily jeho změny;*
- *prostředí samo změny nevyvolává, vzbuzuje však potřebu změny u organismů samých;*
- *nově získané znaky jsou dědičné a přenášejí se na další generace.*

Lamarckismus tedy zastává názor, že se organismy aktivně přizpůsobují měnícím se podmínkám prostředí.

DARWINISMUS

V průběhu 19. století bylo popsáno mnoho set nových druhů rostlin a živočichů. Přibylo dokladů o vývoji organického světa. Byl přijat názor anglického přírodovědce **Ch. Lyella** *(1797–1875)*, že změny, kterými zemská kůra procházela během svého vývoje, byly postupné a nelišily se od změn současných. Upevnila se představa o postupné výměně flór a faun v průběhu minulých geologických období. Nebyla však známa hybná síla vývoje organismů. Anglický přírodovědec **Ch. R. Darwin** byl silně ovlivněn učením Lyellovým. Jako nadaný, všestranně vzdělaný přírodovědec se zúčastnil průzkumné cesty kolem světa na lodi „Beagle“ *(1832–1837)*, která mu umožnila studovat geologické a biologické jevy v mezikontinentálním měřítku. Pozorování, která učinil během cesty, porovnání výzkumu ve volné přírodě s pracemi šlechtitelů a bohatý dokladový materiál z různých oborů přírodních věd ho přivedly k formulování teorie evoluce, později označované jako **darwinismus**. Podle této teorie je hlavní hybnou silou evoluce **přírodní výběr**. *(Nezávisle na Darwinovi formuloval teorii vývoje přirozeným výběrem jeho současník, významný přírodovědec* **A. R. Wallace**, *v dalších letech neprávem opomíjený).* Přírodní výběr způsobuje, že přežívají pouze jedinci, kteří jsou nejlépe přizpůsobeni danému prostředí a jsou nejúspěšnější při reprodukci. Tempo evoluce neboli proces vznikání nových druhů se děje pozvolným a nepřetržitým způsobem – **gradualisticky** *(postupně)*. Předpokladem pro výběr je **proměnlivost znaků organismů *(individuální variabilita)***, která v mezích jednoho druhu existuje jak mezi současnými jedinci, tak mezi generacemi. Jedinci téhož druhu se od sebe liší svými znaky a přírodní výběr zvýhodňuje nositele těch individuálních odchylek, které zvyšují pravděpodobnost jeho přežití v přírodních podmínkách. Nevýhodné odchylky tuto pravděpodobnost snižují. Potomky plodí hlavně nejlépe přizpůsobení jedinci, a tím přenášejí své genetické vlastnosti ve zvýšené míře do dalších generací. Původně nepříliš podstatné individuální rozdíly se s odstupem generací zvětšují a přecházejí až v **rozdíly druhové**. Vzdálení potomci téže výchozí formy mohou být značně odchylní jak od výchozí formy, tak od sebe navzájem. Dochází k **divergenci** neboli větvení vývojových linií.

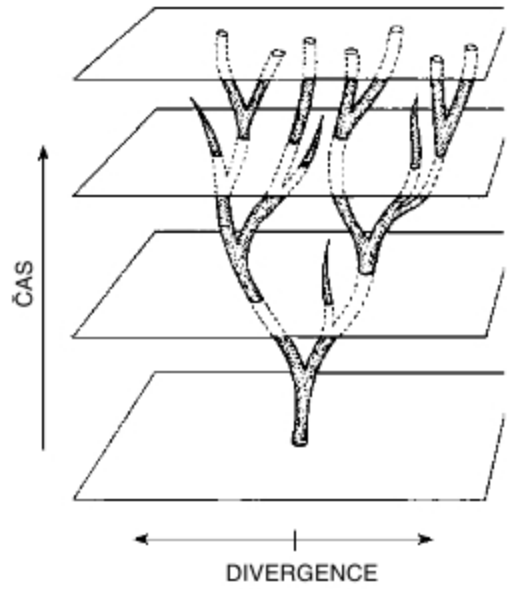


Schéma gradualistického pojetí fylogeneze
Průsečíky vývojových větví s časovými rovinami na tomto diagramu odpovídají biologickým druhům

Darwinovo dílo vzbudilo obrovský zájem, ale setkalo se a dosud setkává i s ostrým odporem, zejména kvůli důslednému vztažení evoluce i na člověka.

Neodarwinismus vznikl později, a to spojením darwinismu *(nauky o vzniku druhů přírodním výběrem)* a mendelismu. Současný neodarwinismus pod označením **moderní syntetická teorie evoluce** vystihuje skutečnost, že jde o sjednocení významných vědeckých přístupů v ucelený vědní obor.
Základní mechanismy evoluce jsou:

1. **Četnost vzniku mutací.** Vzniká-li opětovně nová mutace *(např. alela* **A** *snižuje během generací svou četnost, protože postupně mutuje v alelu* **a***)*, může po určitém počtu generací zcela nahradit původní alelu. Ve velké populaci je však četnost vzniku nové mutace jen malá, a tedy i málo významná.

2. **Migrace genů** v důsledku mezipopulačního křížení. Příčinou jsou migrace jedinců z jedné populace do druhé.

3. **Genetický posun** je náhodná změna frekvence alel. Jen malý náhodný vzorek z celkového množství gamet se uplatní při rozmnožování. Průměrné vlastnosti tohoto vzorku se mohou lišit od rodičovské generace a tento posun se během generací může stupňovat. Výrazněji se však může uplatnit jen u malých populací.

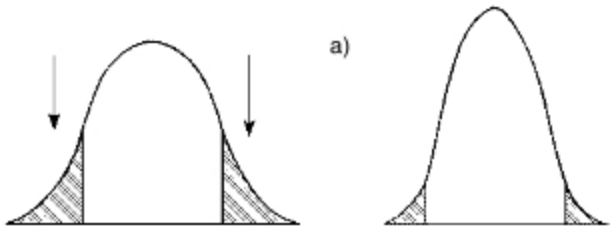
   Tyto tři mechanismy nejsou adaptivně orientovány – mění četnost genů nezávisle na tom, zda změna bude pro populaci v daném prostředí výhodná, či nikoli. Mohou se výrazněji uplatnit jen v malých populacích.

4. **Přírodní výběr** *(selekce)* může být charakterizován jako odlišný rozmnožovací úspěch nositelů různých genotypů v daném prostředí, který vede k jejich nestejnému podílu na příspěvku do genofondu následujících generací. Výběr vykonávaný prostředím je jednak **negativní** ***(eliminační)*** – jsou odstraňovány genetické kombinace jedinců neschopných dožít se rozmnožovacího věku, jednak **pozitivní** ***(tvůrčí)*** – podporující rozšíření genetických kombinací, které umožňují přežít. Přírodní výběr proto nejvíce působí při výrazně se měnícím prostředí. Základní druhy přírodního výběru jsou:

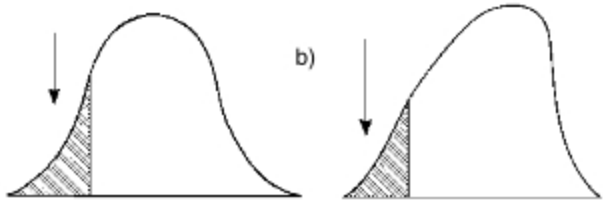
   – **výběr stabilizující**, působící v neměnném prostředí. Upřednostňuje průměrné vlastnosti a odstraňuje extrémy;

   – **výběr usměrňující**, který se uplatňuje v měnícím se prostředí. Podporuje vlastnosti lišící se v určitém směru od průměru, případně až extrémní, přičemž opačný z extrémů je potlačován. Populační průměr se posunuje. Dlouhodobě působící usměrňující výběr se projevuje ve fylogenezi jako **populační trend**;

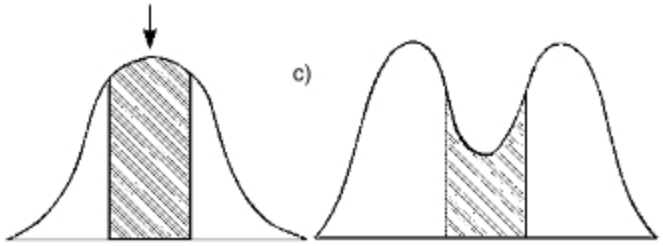
   – **výběr disruptivní**, působící v nestejnorodém prostředí, které upřednostňuje extrémní vlastnosti a potlačuje průměrné. Udržuje vysokou proměnlivost. Při dlouhodobém působení vzniká stav, kdy v téže populaci existují trvale dva nebo více značně odlišných alternativních genotypů *(tzv.* ***stabilní genetický polymorfismus****)*.



a) Výběr stabilizující
(upřednostňuje průměrné vlastnosti a odstraňuje extrémy)



b) Výběr usměrňující
(podporuje vlastnosti v určitém směru od průměru, opačný z extrémů potlačuje)

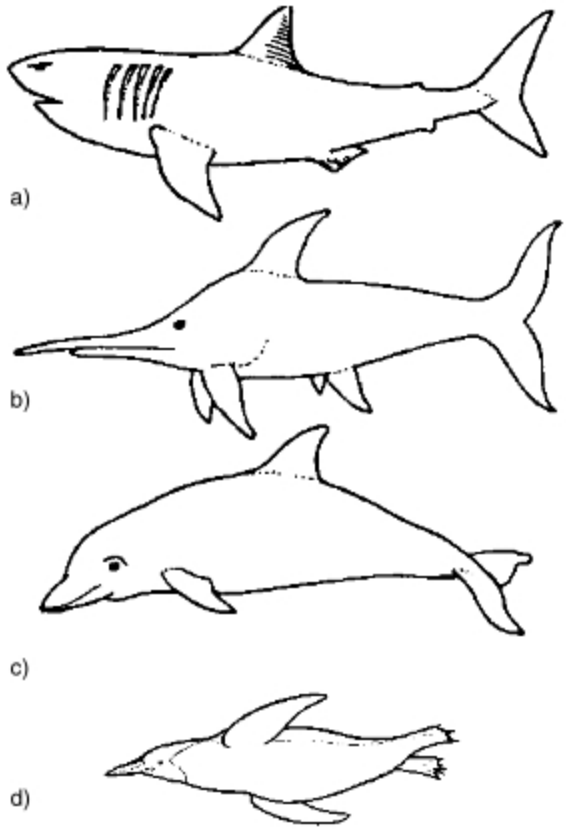


c) Výběr disruptivní
(upřednostňuje extrémní vlastnosti a potlačuje průměrné)

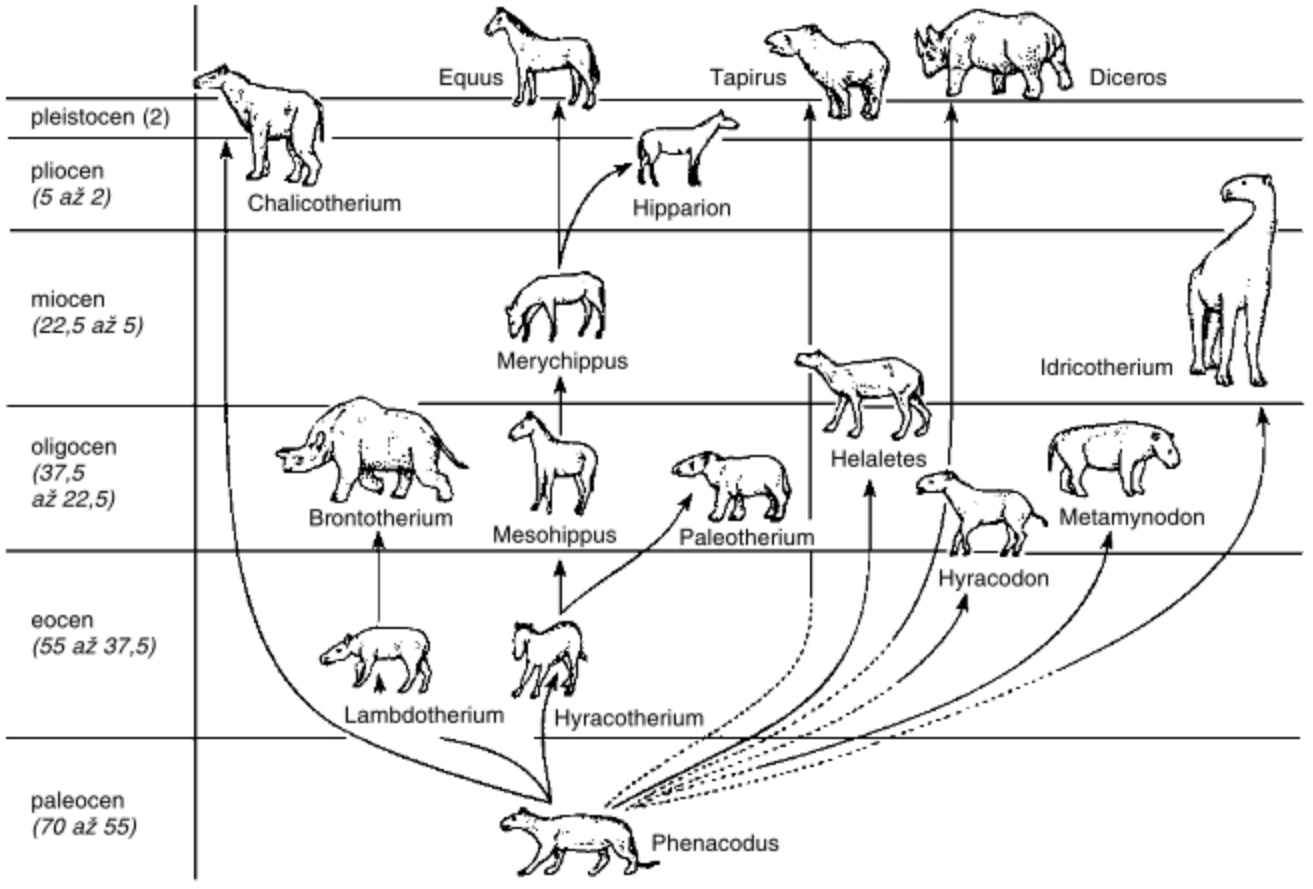
Druhá polovina 20. století podle některých názorů je počátkem konečné syntézy v biologii: biochemie, molekulární biologie, genetiky, buněčné a vývojové biologie s evolučně orientovanou ekologií a etologií a fylogenetickou systematikou. Vývoj organického světa začíná být zkoumán ne jako soubor izolovaných jevů, ale z širokého jednotícího hlediska, kterým je ekosystém. Žádný druh není a nebyl v přírodě sám. Vždycky je součástí mnoha rostlinných a živočišných druhů, které jsou navzájem propojeny různými ekologickými vazbami, tj. různou závislostí na abiogenetických činitelích a vzájemných vztazích organismů. Prostor, který určitý druh v ekosystému zaujímá, je **ekologická nika**.

Ekologický systém je potom polem působení přírodního výběru, protože podle toho, jak nově vzniklá individuální odchylka zapadne do příslušné ekologické niky, je přírodním výběrem buď přijata, nebo potlačena. Z geologie dále víme, že anorganické složky ekosystému, jako např. postavení pevnin a moří, podnebí, složení atmosféry aj., se v průběhu vývoje Země mění a tyto změny se nutně obrážejí v biologických složkách. Tak i ekosystémy procházejí vývojem, který je možné rozdělit do tří hlavních stupňů:

1. **Zmlazení ekosystému.** Nastává po zhroucení staršího ekosystému, např. po rozsáhlých horotvorných pochodech. Zhroucení staršího ekosystému se projeví vymíráním nebo ústupem četných specializovaných druhů. Síto přírodního výběru se mění a nezřídka upřednostňuje takové individuální odchylky, které by v předchozí době eliminovalo. V nové změněné situaci jsou tyto odchylky naopak výhodné a umožňují



Ukázka konvergence vývoje obratlovců bez jakékoliv příbuznosti k životu ve vodě
a) žralok *(paryba)*, b) Ichthyosaurus *(plaz)*, c) delfín *(savec)*, d) tučňák *(pták)*



Ukázka divergence vývoje *(fylogeneze lichokopytníků)*

organismům přežít. Urychluje se vývoj nových forem, což se s časovým odstupem, tj. z hlediska naší současnosti, jeví jako **vývojový skok**. Přizpůsobení druhu na nové vývojové podmínky může současně probíhat po několika vývojových liniích, dochází k paprsčitému větvení vývojových linií ***(divergence vývoje)***. Původně nespecializované druhy se specializují na život v nových ekologických podmínkách a nahrazují tak druhy, které vymřely nebo se odstěhovaly do jiných oblastí. Vyplňují uvolněné ekologické niky v čase i v geografickém prostoru *(tzv.* ***adaptivní radiace****)*. Adaptací na nové ekologické podmínky někdy z různých výchozích forem vznikají formy, které jsou si vnějším vzhledem i způsobem života značně podobné. Jev se označuje jako **konvergence** *(sbíhání znaků, vnější podoba)* bez vývojových souvislostí. Ve zmlazeném ekosystému se uplatňují obvykle jednoduché ekologické vztahy, většinou jen: potrava ↔ spotřebitel. Celkový počet druhů zastoupených v ekosystému je malý.

2. **Vyzrávání ekosystému** je druhým stupněm. Je to období stabilizace abiotických složek ekosystému a počátek stabilizace biotických složek. Společenstva rostlin a živočichů se rozrostla o mnoho druhů a jedinců. Dominující druhy dosud ještě většinou chybějí, ale vztahy mezi jednotlivými druhy se komplikují. Vedle jednoduchých vztahů potrava ↔ spotřebitel se objevují komensálové, poloparaziti, paraziti, mrchožrouti aj. Spolužití různých druhů nabývá složitějších forem. Stabilizace ekologických podmínek stabilizuje i ekologický výběr. Tempo vývoje se zpomaluje, místo nových druhů vznikají jen geografické rasy nebo místní odchylky *(variety)*.
3. **Vrcholové stadium ekosystému** se vyznačuje vládnoucím postavením *(dominancí)* specializovaných druhů. Jejich specializace je současně výhodou i nevýhodou. Vede sice k úspornému využívání potravy, k účinné obraně, avšak přílišná specializace je často spojena s nadměrným *(excesivním)* vývojem některých orgánů *(např. masivních schránek, krunýřů, rohů a parohů apod.)*, které původně sloužily k adaptaci a které se ve změněných podmínkách stávají často přítěží a jsou znakem vývojové degenerace. Přílišné specializace a degenerace jsou nebezpečím pro další vývoj. Změnou životních podmínek dochází ke zhroucení ekosystému a k vymírání specializovaných druhů.

JINÉ NÁZORY NA EVOLUCI

Jak již bylo zmíněno dříve, darwinismus i neodarwinismus se od svého počátku setkávají nejen z nejširším zájmem, ale i s kritikou. Kritikové odmítají neodarwinismus s jeho **gradualismem** *(tj. postupným, rovnoměrným výběrem mutací malého rozsahu)*. Dále mu vytýkají **redukcionistický a genocentrický přístup v evoluci**, reprezentovaný v novější době názory **R. Dawkinse**. Podle něho nejsou jednotkami výběru jedinci, nýbrž geny. Pojímá takto organismus jen jako dočasnou schránku, kterou si sobecké geny stvořily pro své přežívání. Kritikové dále odmítají názor, že **řád a směr evoluce je určován pouze přírodním výběrem**. Dosud však neexistuje ucelená alternativní teorie, která by představovala nový názor na základě globálního přírodovědeckého pohledu na život, názor jaký měl ve své době právě Darwin.

- **Teorie živé planety**

O takové širší pojetí se pokouší např. Lovelockova **teorie živé planety,** vycházející z těchto předpokladů:

– *Měřítkem, ve kterém se odehrává evoluce, je Země.*
– *Všechny živé systémy mají více či méně podobné nároky na prostředí (teplotu, vlhkost, obsah biogenních prvků).*
– *Organismy mění své fyzikální a chemické prostředí.*
– *Organismy využívají k růstu každé příležitosti, kterou prostředí poskytne. Často je takovou příležitostí měnit prostředí životu nepříznivé na příznivější.*
– *Druhy, které rostou rychleji, vytlačují druhy pomalu rostoucí.*

J. E. Lovelock *(profesor oxfordské university)* zdůrazňuje, že zásadní změny prostředí působené životem organismů prokazatelně dosahují globálních rozměrů a naopak parametry globálního prostředí ovlivňují růst jednotlivých organismů, druhů, ekosystémů. Domnívá se, že přijetí života jako globální skutečnosti může napomoci vytvoření nového pohledu na člověka, který se ze soutěživého jedince mezi ostatními soutěživými lidmi mění na člověka, jehož chování je závislé na Zemi, který však zároveň spoluvytváří její podobu.

• Sem patří i teorie **„planetizace lidstva“**, formulovaná francouzským teologem a biologem **P. Teilhardem de Chardinem** *(1881–1955)*, vycházející z geometrického omezení naší planety. Zpočátku a po dlouhé věky rozpínání lidstva po povrchu Země nic nepřekáželo. Začátkem mladší doby kamenné se však tyto vlny rozpínání začaly odrážet zpět – všechen volný prostor byl už obsazen a jeho obyvatelé se museli začít stlačovat, a tak jsme v důsledku rozmnožování generací dospěli do dnešního stavu, kdy dohromady tvoříme **jednolitou masu polidštěné látky**. Vynálezy železnice, auta, letadla, rozhlasu a televize rozšířily oblast člověka, kdysi omezenou na pár kilometrů, na stovky mil, každý jednotlivý člověk je současně aktivně i pasivně přítomen v rozsahu celé Země. Původní větvení je vystřídáno shromažďováním a konvergencí.

Evoluce je vzestupem vědomí. **Spojení myslících bytostí je v současné době konečnou podobou výsledků evoluce.**

ČLOVĚK A PROSTŘEDÍ

Vývoj vztahů člověka a prostředí

Na začátku své existence žil člověk jen v těch oblastech na Zemi, kde měl vhodné podmínky pro způsob svého života. Člověk živící se sběrem plodů a lovící pro svou obživu byl součástí přírodního prostředí. V celém svém vývoji se člověk přizpůsoboval podmínkám prostředí stejně jako ostatní živočichové, avšak na rozdíl od nich je **postupně začal aktivně měnit a přizpůsobovat je naopak svým potřebám**. Rychlý růst jeho populace, rozvoj poznání spojený s ovládáním různých forem energie, rozvoj výroby a technických prostředků vedly ke stále výraznějšímu pozměňování původního rázu biosféry.

Již starověké civilizace přeměnily některé části Země v polopouště a pouště. Odlesňování, pastevectví, jednostranné obdělávání půdy, vysoušení a naopak zavlažování, záměrné i nechtěné rozšiřování rostlinných a živočišných druhů, to vše vedlo ke změně přírodních ekosystémů a porušovalo ekologickou rovnováhu na mnoha místech naší planety. Člověk vytvořil nové krajiny s intenzivním zemědělstvím a lesnictvím, s průmyslovými závody, hustou dopravní sítí a vzrůstající sídelní zástavbou. Zrychlilo se čerpání a využívání přírodních zdrojů, hromadění odpadů, znečišťování atmosféry, povrchových a spodních vod, půdy. Na mnohých místech biosféry nahradil člověk přírodní prostředí umělým *(technosférou)*, ve kterém se uskutečňují všechny druhy lidské činnosti: sociální, pracovní, kulturní i rekreační. Člověk tvoří nové životní prostředí a dostává se často do konfliktu s přírodou. Jeho vlivy na přírodní prostředí již nejsou místní *(lokální)*, ale překračují politické hranice zemí, nabyly **globálního charakteru** a mohou se stát příčinou příštích konfliktů mezi zeměmi. Problémy, které dále vznikají, nelze ve většině případů řešit místně, nýbrž globálně. Současné problémy vztahu člověka a jeho životního prostředí jsou důsledkem nerovnoměrného vývoje lidské populace a jejího přístupu k využívání a ovlivňování přírody.

Růst lidské populace

Ve starověku i ve středověku zůstal počet lidí nízký. Byl limitován množstvím potravy, epidemiemi infekčních onemocnění, při nichž přicházela o život značná část populace. Od 19. století v důsledku rozvoje výrobních sil, zavedením nových technologií, intenzivních metod zemědělství, pokroky ve vědě se urychlil růst lidské populace. Jestliže na začátku našeho letopočtu podle odhadu žilo na Zemi 100 až 200 milionů obyvatel, počátkem 20. století již 1,5 miliardy, v roce 1970 3,5 miliardy, v současné době dosahuje jejich počet přes 7 miliard a při zachování nynějšího trendu se okolo roku 2080 tento počet zdvojnásobí a dosáhne tak 10 miliard.

Člověk zemědělec

Od svého vzniku se člověk–zemědělec dostal hned do konfliktu s přírodou. Jeho snaha **pěstovat na jednom pozemku jednu rostlinu** byla v ostrém protikladu s tím, jak se dosud příroda vyvíjela. Každou lokalitu dosud využívalo velké množství rozdílných druhů rostlin v konkurenčním boji i v různých formách soutěže. Na ně bylo svojí existencí vázáno nespočetné množství živočichů a mikroorganismů. A tu přichází člověk se svou vůlí: **jen jeden druh rostliny na obdělávaném místě, nesmí ji omezovat žádné jiné rostliny, nesmí být potravou jinému živočichu, všechen užitek *(energetický zisk)*** si přisvojuje člověk. Za několik tisíc let své existence však zemědělec tento boj proti přírodě nikdy nevyhrál. Byl buď více či méně úspěšný, mnohdy prohrál, opouštěl zkultivovaná území *(viz objevená města starých indiánských kultur)*, aby jinde začínal znovu. Primitivní zemědělec musel vynaložit více než 60 % své práce na odstraňování plevelů. **Odstraňování konkurenčních rostlin je tedy pracovně náročnější než vlastní pěstování kulturní rostliny.** Zdá se, že současné zemědělství pomocí moderních prostředků se přibližuje naplnění vůle člověka. Ruční odplevelování je nahrazeno mechanickým a rozhodující podíl na odstraňování plevelů mají chemické látky – **herbicidy**. Ukazuje se však, že problém zaplevelování za více než 30 let používání herbicidů vyřešen není, někde naopak zaplevelení vzrůstá. Zavedení herbicidů neznamenalo principiálně nic nového, pouze další faktor navíc. Příroda na něj reagovala stejně jako na ty předcházející, které člověk vytvořil. Změnilo se druhové složení plevelů *(např. biblicky uváděný plevel koukol je dnes chráněnou bylinou)* a objevily se nové druhy plevelů, rezistentních proti současně používaným herbicidům. Herbicidy však zřejmě nemůžeme již přestat používat. V okamžiku, kdy bychom tak učinili, museli bychom vynaložit obrovské množství ruční a mechanické práce na odstraňování plevelů, zmenšily by se výnosy. Pokud nahradíme herbicid řadou kultivací a proorávek, stoupnou výdaje na energii a současně podpoříme větrnou a vodní erozi. Je třeba uvážit, který negativní dopad bude větší. Zavrhneme-li herbicid, který svým účinkem současně hubí i některé predátory *(např. druhy hmyzu živící se mšicemi)* vyvstává další problém, protože se musí použít **pesticidy** účinné proti mšicím. Pesticidy však mohou hubit další druhy hmyzu a mohou být také příčinou hynutí přirozených predátorů, např. ptáků. Přítomnost pesticidů ve vodních tocích a nádržích je příčinou úhynu ryb a obojživelníků, zbytky *(rezidua)* těchto látek mohou znehodnocovat zásoby podzemních vod.

Pěstováním jednoho druhu rostliny na jednom pozemku je narušena i **diverzifikace *(rozrůzňování)***. Např. na pozemku je pěstován jen jeden druh rostliny, která je napadána určitým druhem houbové choroby. V této monokultuře většina spór dopadá na listy hostitelské rostliny, kde se rychle vyvíjí a šíří. Roste-li však na pozemku více druhů hlavních rostlin, jsou je-

dinci napadeného druhu v porostu od sebe odděleni, většina spór dopadá na listy jiných druhů, na nichž se nemůže vyvíjet, a hyne. Jiné druhy rostlin tak tvoří účinnou bariéru šíření choroby. Různé fyziologické rasy patogena nenapadají všechny jedince téhož druhu, ale jen jedince náchylné ke zcela určité rase. Tak také odolní jedinci mají funkci bariéry, i když jiná rasa patogena u nich může chorobu vyvolat.

Další z negativních důsledků pěstování monokultur je **přemnožení původně polyfágních hmyzích škůdců**. Jsou to druhy žijící a živící se více druhy rostlin, přičemž kulturní rostlina nemusí být tou, které dávají přednost. V porostu, kde jiné druhy jsou potlačeny, se tito škůdci soustřeďují na kulturní rostlinu a opět vyvstává potřeba použití pesticidů.

Na pěstitelská opatření mající za cíl zvýšení výnosů nereaguje pouze pěstovaná rostlina, ale i ostatní organismy. Hnojíme nejen kulturní rostlinu, ale i plevele, které tvoří více semen. Hnojená rostlina je více napadána hmyzími škůdci. Opět vyvstává potřeba použití herbicidů a pesticidů. Kypřením nejen ničíme některé plevele, ale zapravujeme do půdy velké množství semen, které zaplevelují půdu na několik let dopředu. Nezaoraná semena, ponechaná na povrchu půdy, rychleji hynou a mohou být sežrána ptáky nebo drobnými savci.

Všechny zásahy zemědělce s cílem dále zvyšovat výnosy vedly k devastaci krajiny nejen v moderní době, ale už ve starověku a středověku. Čím větší energie je vynakládána, čím vyšší je intenzita pěstování, tím větší je zásah proti přírodě, tím více je půda vzdalována od původního přírodního stavu. Žádný ze zásahů a pěstitelských opatření není tak selektivní, aby neměl vedlejší účinek. Hovoříme-li dnes o **biologizaci zemědělství**, znamená to upřednostňování takových postupů a technologií, které nepůsobí trvalé škody na půdě a životním prostředí.

ČLOVĚK VÝROBCE A SPOTŘEBITEL

velmi podstatně ovlivňuje přírodní složky životního prostředí. Jednak přímo **výrobními činnostmi** *(průmysl, stavebnictví, těžba surovin, výroba energie)*, jednak **nevýrobními činnostmi** *(doprava, hromadění odpadů, rekreace)*.

Rychlý rozvoj výroby s sebou přináší mnoho záporných vlivů na prostředí především tím, že **urychluje a zvyšuje čerpání přírodních zdrojů, narušuje ekologické vztahy a znečišťuje prostředí látkovými a energetickými odpady**. Věda a technika umožňuje člověku, aby žil na vyšší civilizační a kulturní úrovni. Tuto celospolečenskou úlohu vědy a techniky vystihl již dříve náš přední biolog **B. Němec** *(1873–1966)* výrokem: *„Můžeme-li právem říci, že průměrný občan žije pohodlněji a hygieničtěji než král raného středověku, je to zásluhou vědy a její aplikace“*. Tento výrok však neplatí všeobecně a globálně, existuje nejméně jedna okolnost, která hrdost nad takovým dosaženým výsledkem silně zeslabuje. Je to skutečnost, že užitek z rozvoje vědy a techniky mají především vysoce ekonomicky rozvinuté, industrializované země *(přibližně jedna čtvrtina celoplanetární populace)*, zatímco ostatní země jsou na tom podstatně hůře. Světová zdravotnická organizace ve svém dokumentu „Zdraví pro všechny – všichni pro zdraví“ uvádí, jak se tato nerovnoměrnost rozdělení bohatství odráží na zdraví obyvatel planety:

– téměř jedna miliarda obyvatel se pohybuje v bludném kruhu chudoby, podvýživy, chorob a zoufalství;

– průměrná doba života se pohybuje mezi více než 70 lety ve vyspělých zemích a 50 lety v jiných;

– zatímco v rozvojových zemích z 1000 živě narozených dětí 200 umírá během prvního roku života, poklesla tato úmrtnost v rozvinutých průmyslových zemích na hodnoty mezi 10–20 a v některých i níže;

– ženy ve většině chudých zemích mají 200krát větší riziko zemřít během těhotenství.

Podle statistických údajů umírá v současné době rozkvětu vědy asi 40 000 dětí denně hladem nebo na jeho následky.

Rozvoj vědy a techniky má tedy své pozitivní i negativní stránky. **Globální působení negativních stránek vědy** se koncentruje do problému vzájemného vztahu **člověk – příroda**. Globálními problémy životního prostředí jsou:

• **problémy technicko-ekonomické**, související s rychlým a často nehospodárným čerpáním materiálových a energetických přírodních zdrojů. Tyto problémy se zvětšují s prudkým nárůstem populace;

• **problémy ekologické**, vyvolané znečišťováním a ohrožováním základních složek prostředí *(atmosféry, vody, půdy, ohrožením živé přírody)* a narušením rovnováhy člověk – živá příroda *(šíření geograficky nepůvodních a invazních druhů viz str. 68 a 235)*;

• **problém ohrožení života na celé planetě** v důsledku světové války s použitím zbraní hromadného ničení;

• **problém civilizačních chorob**, vyvolaných civilizačním procesem *(onemocnění srdce a cév, zhoubné nádory, alergická onemocnění, neurózy, AIDS)*;

• **problémy sociální** a jejich společensko-politický aspekt, vyvstávající při otázce, jak řešit předcházející čtyři problémy.

PROBLÉMY EKOLOGICKÉ

PROBLÉMY ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ

jsou spojeny s unikáním plynných, kapalných a pevných látek do ovzduší, z nichž některé mohou být radioaktivní. Označujeme je jako **emise**.

Plynné látky znečišťující ovzduší jsou:

• **Oxid siřičitý (SO_2),** vznikající především spalováním uhlí s vysokým obsahem síry. Z ovzduší se vymývá dešťovými srážkami, které jsou pak kyselé. Okyselují půdu a vody. Sám o sobě má oxid siřičitý defoliační účinky *(působí opad listů)* především u jehličnanů. To je způsobeno zejména tím, že jehličnany uvolňují do ovzduší terpeny, které jako nenasycené uhlovodíky prudce reagují s ozonem za vzniku silně oxidačních produktů, jež oxidují oxid siřičitý na oxid sírový. Samotný ozon není schopen za běžných podmínek oxidovat.

U lidí způsobuje oxid siřičitý záněty horních cest dýchacích.

Podle odhadu bylo v roce 1988 do atmosféry uvolněno přibližně 100 milionů tun síry. Podle prognóz v roce 2000 bylo uvolněno 120 až 170 milionů tun síry.

• **Oxid uhličitý (CO_2)** je kvantitativně největším znečišťovatelem ovzduší. Vzniká především spalováním fosilních paliv při výrobě energie.

Jeho obsah v atmosféře se za posledních sto let zvýšil přibližně o 30 %, což se může projevit oteplením světového klimatu, neboť oxid uhličitý se významně podílí na vzniku **skleníkového efektu**. Při povrchu Země působí jako vrstva skla. Propouští krátkovlnné viditelné záření vyzařované Sluncem, ale zachycuje a nepropouští dlouhovlnné tepelné záření vyzařované z ohřátého zemského povrchu.

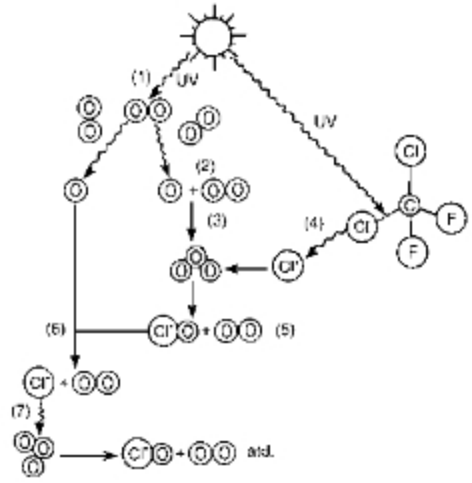
• **Oxidy dusíku (NO_x)** vznikají spalováním fosilních paliv v průmyslu a ve spalovacích motorech společně s oxidem uhličitým. Podílejí se na vzniku kyselých dešťů. Zatímco emise oxidu siřičitého v mnoha zemích dosáhly zřejmě svého maxima a v některých zemích se dokonce snížily, emise oxidů dusíku se neustále zvyšují jako důsledek růstu automobilové a letecké dopravy. NO_x výrazně snižují mykorrhizu. Toto snížení je jednou z hlavních příčin odumírání lesů. Společně s plynnými uhlovodíky jsou oxidy dusíku prekurzory ozonu *(viz dále v textu).*

Ovzduší dále zamořují halogeny, oxid uhelnatý, organické sloučeniny, sloučeniny arzenu, olova, fosforu a desítky jiných, včetně pevných částic *(popílku, sazí).* Vzájemnými reakcemi těchto nečistot ovzduší vznikají **imise**, dopadající na zemský povrch.

Nečistoty v ovzduší jsou také příčinou koroze, poškozování staveb a nátěrů.

• **Poškozování ozonové vrstvy** je zapříčiněno komplexním působením těkavých freonů, methylchloroformu, oxidu dusného, tetrachlormethanu, oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého a plynných uhlovodíků. Nejnebezpečnější imise mezi nimi představují chlorované látky, které se působením UV záření štěpí za uvolnění atomárního chloru, rozkládajícího molekuly ozonu O_3, např.

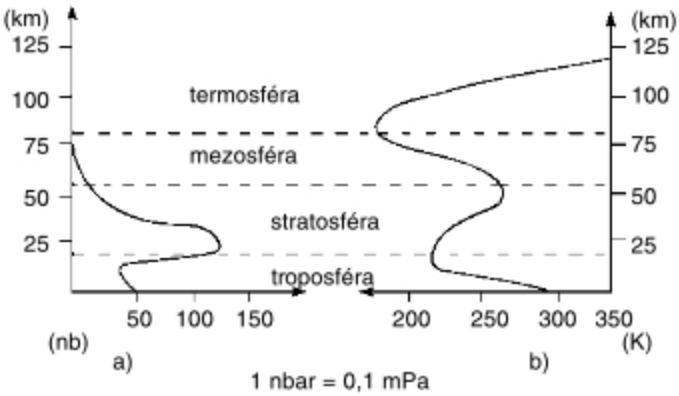
$$CF_2Cl_2 \longrightarrow CF_2Cl^{\bullet} + Cl^{\bullet}$$
$$Cl^{\bullet} + O_3 \longrightarrow O_2 + ClO^{\bullet}$$
$$ClO^{\bullet} + O \longrightarrow Cl^{\bullet} + O_2$$



Destrukce ozonu ve stratosféře

UV záření rozštěpí molekulu kyslíku O_2 na dva samostatné atomy kyslíku (1).Ty se kombinují s nerozštěpenými molekulami kyslíku O_2 (2) za vzniku molekul ozonu O_3 (3). UV záření uvolní z molekuly halogenovaného uhlovodíku atom chloru $Cl^{\bullet}$ (4), který reaguje s ozonem za vzniku $ClO^{\bullet}$ a kyslíku O_2 (5). Částice $ClO^{\bullet}$ reaguje s atomárním kyslíkem za vzniku molekulárního kyslíku O_2 a atomárního chloru $Cl^{\bullet}$ (6), který atakuje další molekulu ozonu O_3 (7). Jedna molekula uvolněného chloru tak může rozložit mnoho molekul ozonu.

Ozon je pro lidský organismus toxický. Již při koncentraci 1 ppm se projevují dýchací potíže. Jeho rozložení v atmosféře je nerovnoměrné. V troposféře se nalézá asi 10 % z celkového množství ozonu *(viz diagram).* Jeho koncentrace zde vzrůstá ročně přibližně o 1 až 1,5 %, což je pravděpodobně způsobeno znečištěním atmosféry prekurzory ozonu, jimiž jsou např. NO_x a plynné uhlovodíky *(viz doplněk: Vznik fotochemického smogu v atmosféře, str. 367).*



a) Graf znázorňující obsah ozonu v atmosféře

Největších koncentrací dosahuje ve výšce 19 až 23 km nad povrchem Země.

b) Graf znázorňující rozvrstvení teplot v atmosféře.

V troposféře teplota plynule klesá, pak náhle v důsledku absorpce záření na ozonové vrstvě rychle stoupá a v mezosféře opět klesá. V termosféře opět plynule stoupá.

Globální úbytek ozonu činí v současné době několik procent. Znepokojivá je budoucnost. I při okamžitém a výrazném omezení emisí bude poškození ozonové vrstvy ještě řadu let narůstat. Vznik ozonové díry nad Antarktidou je ekologickou výstra-

hou! Výskyt podobných děr nad obydlenými oblastmi by zřejmě vedl ke katastrofálním důsledkům. Proto byl r. 1987 podepsán tzv. **Montrealský protokol o látkách poškozujících ozonovou vrstvu**, který nařizuje signatářům redukci výroby a používání halogenovaných uhlovodíků.

ZNEČIŠTĚNÍ VOD

• **Vodní toky** jsou znečišťovány odpadními vodami z průmyslových závodů, zemědělské výroby a z domácností. Tyto odpadní vody obsahují především ropné produkty, toxické látky, saponáty, silážní šťávy, močůvku, kanalizační odpady aj. Horní části toku jsou obvykle znečištěny méně, ve střední části znečištění postupně narůstá, voda ztrácí **samočisticí schopnost**. Vypouštěním ohřáté vody z chladicích věží tepelných a jaderných elektráren a z některých výrob dochází také k **tepelnému znečišťování**.

Vodní toky jsou navíc **druhotně znečišťovány** kyselými dešti, různými živinami obsaženými ve vyčištěných vodách, splachy rostlinami nevyužitých umělých hnojiv. Nízká hodnota pH, vysoký obsah dusíkatých a fosforečných látek jsou příčinou **eutrofizace vod**. V první fázi, vlivem nadbytku živin, dochází ve vodě k přemnožení sinic a řas, voda „kvete“. Ve spodních vrstvách v důsledku nedostatku kyslíku rostliny odumírají, klesají na dno. Tam dochází k jejich hnilobnému rozkladu za vzniku toxického amoniaku a sulfanu. Eutrofické vody jsou mrtvé *(bez organismů)*, zapáchající a nepoužitelné. Zvýšený obsah dusíkatých látek v povrchových a následně v podzemních vodách je nebezpečím pro pitnou vodu. Pitná voda s vyšším obsahem dusíkatých látek způsobuje u kojenců přeměnu červeného krevního barviva hemoglobinu na **neúčinný methemoglobin**, nepřenášející kyslík.

• **Znečištění moří a oceánů** je způsobeno především těžbou a dopravou ropy, lodní dopravou, průmyslovými odpady. Řeky přinášejí do moří obrovská množství kalů, sloučenin těžkých kovů, toxických anorganických a organických sloučenin, saponátů, pesticidů a jejich reziduí. Na dno moří a oceánů byly a dosud jsou ukládány toxické a radioaktivní látky. Stávají se časovanou hrozbou pro následující generace, v některých případech i pro generaci současnou.

Hladina moří a oceánů pokrytá tenkým filmem ropných látek zvýšeně odráží sluneční záření. Následkem je snížení produkce kyslíku vodními rostlinami. Nejsilněji se projevují negativní vlivy znečištění v relativně uzavřených mořích *(Baltickém, Středozemním)*. Dochází k okyselení a eutrofizaci jezer *(Skandinávie)*.

Znečištění moří a oceánů je vážnou hrozbou narušení koloběhu kyslíku a oxidu uhličitého a v případě pokračování současného trendu hrozí ekologickou katastrofou. Ve znečištěných vodách klesá produkce biomasy.

Ochrana hydrosféry je tedy životně důležitá pro život na planetě.

OHROŽENÍ PŮDY A LESŮ

je těsně spjato se znečišťováním ovzduší a vod. Kyselé deště mění vlastnosti půdy, působí odumírání lesů. Z imisí se v půdě hromadí těžké kovy, pesticidy a jejich rezidua, radioaktivní látky. Půda je znečišťována ropnými produkty, přehnojováním průmyslovými hnojivy, zasolováním. Vážným ohrožením půdy je **eroze** *(odnos půdy)*. Je způsobena oddrnováním a odlesňováním, nesprávnými osevními postupy, zvětšováním osevních ploch. To vše vede také ke **změnám vodního režimu krajiny**.

Vedle kvality půdy je ohrožován i její **rozsah**, a to výstavbou nových sídlišť a průmyslových závodů, budováním silnic, těžbou nerostných surovin. Lesy jsou ohroženy nadměrnou těžbou dřeva, především jsou ohroženy tropické deštné lesy.

ODPADY A JEJICH HROMADĚNÍ

se stávají v mnoha zemích stále větším problémem. Největšími producenty odpadů jsou energetika, hutní výroby, chemický a potravinářský průmysl, zemědělství, ale také domácnosti.

Nadměrné množství odpadů lze snížit:
– zavedením moderních bezodpadových technologií,
– využíváním odpadů jako druhotných surovin,
– likvidací ve spalovnách a kompostováním *(podmínkou je důsledné třídění odpadů)*.
– odpovědným chováním člověka – spotřebitele *(nekupovat věci nepotřebné, dávat přednost zboží kvalitnímu, opatřenému ekologickými obaly)*.

Pozitivní stránka vědy spočívá v tom, že člověku ukazuje možnosti, jak lze život na Zemi chránit, dává mu prostředky a naznačuje směry, kterými se má záchrana ubírat. Nejdříve je však nutné **provést podrobnou analýzu současné globální situace lidstva**, která je dána nerovnoměrným historickým vývojem na jedné straně a nerovnoměrným rozdělením bohatství a chudoby na straně druhé. Z rozboru situace vyplývá, že:

• **Bohaté, vysoce industrializované země byly první, které začaly znečišťovat životní prostředí, a byly také první, které si uvědomily neudržitelnost dalšího vývoje.** Přestože tyto země dělají mnoho pro zlepšování životního prostředí a vypracovávají k tomuto účelu stále dokonalejší a účinnější systémy, jsou to právě ony, které nesrovnatelně více ohrožují život na planetě než státy rozvojové. Tyto bohaté, industrializované státy, v nichž žije asi necelá čtvrtina světové populace, využívají a kontrolují více než 80 % všech zdrojů planety. Například v USA se spotřebuje 75krát více energie na osobu než v Indii. Dítě narozené v USA znamená 100krát větší ohrožení světových zdrojů a životního prostředí než dítě narozené v Bangladéši. *Bohatý člověk, vzdálený tisíce mil od tropických deštných lesů, je může ničit více než chudý, žijící přímo v nich.*

• **Bohaté země ve snaze chránit svoje životní prostředí vyvážejí svoje odpady do méně rozvinutých zemí.** Vyvážejí technologie a zřizují výroby značně znečišťující prostředí *(zpracování přírodních surovin, výroby kovů)* a výroby toxických látek v těchto zemích.

• **Vysoce industrializované země současně vytvářejí modelový obraz** toho, kam vede kořistnický přístup k naší planetě a jak mylná je představa, že „Země je člověčí vlastnictví". Přesto se rozvíjející státy často nedovedou z těchto zkušeností poučit a samy procházejí stejnou cestou, se stejnými chybami. Snaží se dohánět vyspělé země přednostně ekonomicky a ekologická řešení pokládají za luxus, který si zatím nemohou dovolit.

IDEA OZDRAVENÍ PLANETY

Odmyslíme-li si ohrožení života globálním konfliktem, spočívá idea na třech základních přístupech:

a) na zvládnutí populační exploze;

b) na radikálním snížení znečišťování životního prostředí lidskou činností;

c) na hledání zcela nového životního stylu, nevyžadujícího od přírody tolik, jak se stalo zvykem ve spotřební společnosti. Při dosavadním způsobu života žijeme na dluh budoucích generací. Zcela nesprávný je maximálně kořistnický a lehkovážný vztah člověka k přírodě. Všestranný harmonický vývoj lidské osobnosti je nutno spojovat s odklonem člověka od zbytečně neracionální spotřeby. Podobných výroků najdeme v současné literatuře velké množství, bohužel jsou to jen pouhá slova, pokud si neujasníme hranice, kdy racionální spotřeba se stává neracionální, technologie nenasytná, vztah k přírodě nepřípustně kořistnický. **Základním dilematem člověka 21. století je na jedné straně umožnění jeho dalšího vzestupu, na straně druhé zabránění tomu, aby tento vzestup neznamenal odstup člověka od přírody.** Řešení tohoto dilematu znamená neustálé hledání kompromisu mezi žádoucím a možným. Řešení poskytne jedině věda se systémovým přístupem ke globálním problémům lidstva, věda integrální a interdisciplinární, zaměřená na sebepoznání člověka ve všech souvislostech ekonomických, technologických, ekologických, sociologických, estetických, etických aj.
K vytvoření takové vědy je nezbytné nové myšlení, chápající, že životní prostředí je společné nám všem obyvatelům planety, že máme právo na zdravé prostředí, ale také povinnost sami k jeho tvorbě přispívat.

OCHRANA PŘÍRODY

Celosvětově se ohroženost přírody zvětšuje. Ztráty a ústup biotopů jsou příčinou ochuzování biosféry o rozličné druhy organismů, mnohdy ještě neobjevených, nepopsaných a taxonomicky nezařazených. V současné době proto sílí snaha o zbrzdění či zastavení tohoto nežádoucího vývoje, aby zůstala zachována co největší druhová rozmanitost ***(biodiverzita)***. Vyhubením druhů organismů se nenávratně zmenšuje genový fond ***(genofond)***. Zánik jakéhokoliv druhu znamená ochuzení biosféry, v mnohých případech ztrátu možného, prakticky využitelného významného přírodního zdroje, narušení biologické rovnováhy. Ochrana genofondu je proto morální povinností a nutností lidstva v zájmu následujících generací. Aby byla účinná, vyžaduje dokonalé poznání přímého a nepřímého působení lidských aktivit na ekosystémy.

Světovou organizací zabývající se ochranou druhů je **Mezinárodní unie pro ochranu přírody a přírodních zdrojů (IUCN)** a **Světový fond na ochranu přírody (WWF)**.
Změněné sociální a ekonomické poměry v průběhu 60. let, zvýšení tlaku člověka na životní prostředí vedoucí k poškozování nejcennějších kulturních a přírodních objektů byly podnětem ke vzniku **Mezinárodní úmluvy o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví** (⛛). Podle textu úmluvy jsou za kulturní dědictví považovány výjimečné architektonické celky, díla monumentálního sochařství a malířství, včetně jeskynních maleb předvěkého člověka, oblasti s místy archeologických nálezů světového významu. Přírodním dědictvím se rozumějí přírodní výtvory nebo skupiny výtvorů výjimečné hodnoty z estetického a vědeckého hlediska, geologické útvary a oblasti, které jsou místy výskytu ohrožených druhů živočichů a rostlin, oblasti světového významu z hlediska vědy a přírodních krás.

Seznam zahrnuje v současné době více než 350 objektů. Zapsání výjimečných kulturních a přírodních, respektive kombinovaných památek je podmíněno schválením **Výborem světového dědictví** *(reprezentovaného odborníky 21 států),* pravidelně se obměňujícího. Objekty musí splňovat určitá kritéria a podmínkou je i jejich označení znakem úmluvy, který symbolizuje výtvory lidské činnosti *(čtverec)* a přírodou *(kruh)*. Kruhová linie obklopující čtverec znázorňuje ochranu a zároveň kulatý znak připomíná Zemi. Památky a přírodní území nesoucí tento znak mají pečeť nejvyšší kvality a jsou obvykle vyhledávanými turistickými místy *(např. egyptské pyramidy, Bělověžský národní park, Machu Picchu, Yelowstonský národní park, Plitvická jezera v Chorvatsku, národní park Galapágy, rezervace Ngorongoro v Tanzánii aj.).*

ČESKÁ REPUBLIKA

v roce 1990 přistoupila k **Ramsarské úmluvě** *(Úmluva o mokřadech majících mezinárodní význam především jako biotopy vodního ptactva)*; v roce 1991 k **Úmluvě o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví**; v roce 1992 k **Washingtonské úmluvě** *(CITES, Úmluva o mezinárodním*

obchodě ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin); v roce 1994 k **Úmluvě o biologické rozmanitosti**, k **Bernské úmluvě** *(Úmluva o ochraně evropské divoké flóry a fauny a přírodních stanovišť)* a k **Bonnské úmluvě** *(Úmluva o ochraně stěhovavých druhů volně žijících zvířat).*

Obecně závaznými předpisy vyhlášenými a registrovanými ve Sbírce zákonů ČR jsou:

• **Zákon o životním prostředí 17/1991 Sb.** *(§ 16)* Výchova, osvěta a vzdělávání se provádějí tak, aby vedly k myšlení a jednání, které je v souladu s principem trvale udržitelného rozvoje, k vědomí odpovědnosti za udržení kvality.

• **Zákon ČNR o ochraně přírody a krajiny 114/1992 Sb.**, vymezující zvláště chráněná území. V dubnu 2004 byl významně novelizován. Přijatá novela zabezpečuje ochranu přírody na našem území v celoevropském rámci.

Mezi velkoplošná území patří:

• **Národní parky**
Rozsáhlá území, jedinečná v národním či mezinárodním měřítku, jejichž značnou část zaujímají přirozené nebo lidskou činností málo ovlivněné ekosystémy, v nichž rostliny, živočichové a neživá příroda mají mimořádný vědecký a výchovný význam. *(Krkonošský NP, NP Šumava, NP Podyjí, NP České Švýcarsko).*

• **Chráněné krajinné oblasti**
Rozsáhlá území s harmonicky utvářenou krajinou, charakteristicky vyvinutým reliéfem, významným podílem přirozených ekosystémů lesních a trvalých travních porostů s hojným zastoupením dřevin, případně s dochovanými památkami historického osídlení. *(Např. Beskydy, Bílé Karpaty, Litovelské Pomoraví, Pálava, Jeseníky, Třeboňsko aj.).*

Dalšími chráněnými územími a objekty jsou:

• **Národní přírodní rezervace**
Menší území mimořádných přírodních hodnot, kde jsou na přirozený reliéf s typickou geologickou stavbou vázány ekosystémy významné a jedinečné v národním či mezinárodním měřítku. *(Např. Boubínský prales, Lednické rybníky, Kováčovské kopce, Ralsko, Soos, Rejvíz, Mohelenská hadcová step aj.).*

• **Přírodní rezervace**
Menší území soustředěných přírodních hodnot se zastoupením ekosystémů typických a významných pro příslušnou geografickou oblast. *(Např. Divoká Šárka, Malý Bezděz, Prachovské skály aj.).*

• **Národní přírodní památka**
Přírodní útvar menší rozlohy, zejména geologický útvar, naleziště nerostů nebo vzácných či ohrožených druhů ve fragmentech ekosystémů, s národním nebo mezinárodním ekologickým, vědeckým či estetickým významem, a to i takový, který vedle přírody formoval svou činností člověk. *(Např. Babiččino údolí, Barrandovské skály, Pravčická brána, Valašské muzeum v přírodě aj.).*

• **Přírodní památka**
Přírodní útvar menší rozlohy, zejména geologický či geomorfologický útvar, naleziště vzácných nerostů nebo ohrožených druhů ve fragmentech ekosystémů, s regionálním ekologickým, vědeckým či estetickým významem, a to i takový, který vedle přírody formoval svou činností člověk. *(Např. Husova kazatelna.)*

Do celosvětové sítě **biosférických rezervací** pod patronací UNESCO byla zařazena z našich chráněných území Pálava, Třeboňsko, Křivoklátsko, Valticko-Lednický areál.

Vyhlašovaná chráněná území umožňují **ochranu zvláště chráněných druhů** rostlin, živočichů a hub. Chráněné druhy organismů jsou vybrány na základě červených seznamů *(knih)* a jsou rozděleny do tří stupňů ochrany:

1. druhy kriticky ohrožené
2. druhy silně ohrožené
3. druhy ohrožené

Jejich výčet podává **Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 395/92**.

Státní správu v ochraně přírody vykonávají ve svých územních obvodech obce a okresní úřady, ve velkoplošných územích příslušné Správy národních parků a chráněných krajinných oblastí. Ústředním orgánem ochrany přírody v ČR je **Ministerstvo životního prostředí**. Dozorem nad dodržováním právních předpisů a rozhodnutí týkajících se ochrany přírody a krajiny je pověřena **Česká inspekce životního prostředí. Strážcem přírody** může být i fyzická osoba jako dobrovolný spolupracovník ochrany přírody, kterého jmenuje a odvolává územně příslušný okresní úřad nebo správa.

STÁTNÍ POLITIKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ A AGENDA 21

Postupné vytrácení globální rovnováhy mezi aktivitami člověka a přírodou stále více ovlivňuje život na planetě. Je zřejmé, že situace v životním prostředí bude v nejbližší budoucnosti zásadní měrou ovlivňovat běh událostí i veškerou činnost lidstva a politiku států. I doposud málo zřetelné technologické a rozhodovací nedostatky se stávají krizovými při dramaticky stoupající lidnatosti Země a materiálních nároků jejích obyvatel.

Státní politika životního prostředí *(SPŽP)* vyžaduje informační otevřenost, spolupráci s podnikatelskou sférou, s občany, s občanskými hnutími, iniciativami a mezi rezorty při řešení věcných problémů ŽP. Důležitým nástrojem prosazování SPŽP je všestranná **mezinárodní spolupráce**.

VELKOPLOŠNÁ ZVLÁŠTĚ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Informační nástroje

Přístup k informacím je upraven zákonem číslo 123/96 Sb. o právu na informace o životním prostředí. **Environmentální osvěta, vzdělávání a výchova** *(EOVV)* patří mezi obory prosazující právo na informace a vzdělávání v oblasti ŽP. Může ovlivňovat spotřebitele i výrobce. Působí při formování hodnotové orientace odrážející kvalitu osobního, společenského, spotřebitelského a jiného chování občanů.

Účast obyvatel a Agenda 21

Uplatnění Agendy 21, základního materiálu **Konference o životním prostředí a rozvoji** v Riu de Janeiro v r. 1992, představuje ve většině členských zemí EU základní princip účasti obyvatel na rozvojových programech sídla či regionu. Pro uplatnění principu trvale udržitelného rozvoje mají velký význam **místní Agendy 21**. Jako iniciativa zdola si zasluhují všemožnou podporu. Představují celistvý pohled na řešení problematiky rozvoje a zlepšování kvality života, propojení ekonomické a sociální oblasti s problematikou ŽP, otevřený typ spolupráce různých společenských skupin a účast veřejnosti na plánování i realizaci rozvoje území a celé společnosti.

Realizace péče o ŽP

Ministerstvo životního prostředí *(MŽP)* má po celé republice své **územní odbory**, které zabezpečují dozor nad ŽP v místech a styk s občany. Důležitou roli v zajišťování péče o ŽP v jednotlivých místech mají úřady **regionální a místní samosprávy**. **Výzkumem a posuzováním stavu ŽP** se zabývá řada organizací. Patří mezi ně Český ústav ochrany přírody, Česká informační agentura ŽP – CENIA, Český hydrometeorologický ústav, Český geologický ústav. Kontrolní roli má Česká inspekce životního prostředí *(ČIŽP)*. Podle Listiny základních práv a svobod *(čl. 35)* **má každý člověk právo na příznivé životní prostředí a na včasné a úplné informace o stavu ŽP a přírodních zdrojů**. Každý jedinec může životní prostředí chránit nebo poškozovat svým jednáním a také tím, kterému výrobku dává při spotřebě přednost. Tím velmi ovlivňuje ekologické jednání výrobců. **Přijímání zákonů na ochranu ŽP** přísluší Parlamentu ČR. Občané jejich kvalitu mohou ovlivňovat prostřednictvím volených poslanců. Čím větší závažnost ekologickým problémům veřejnost přikládá, tím lepší lze očekávat i přijaté zákony.

DOPLŇKY

VZNIK FOTOCHEMICKÉHO SMOGU

Exhaláty *(obsahující NO_x, SO_2, plynné uhlovodíky aj.)*, kterými energetika, doprava, chemické výroby a zemědělství znečišťují ovzduší, jsou v atmosféře účinkem slunečního záření ***(fotochemickými reakcemi)*** přeměňovány na různé meziprodukty a produkty *(aldehydy, organické peroxidy, ozon, oxidy dusíku a síry)*, které druhotně *(sekundárně)* znečišťují vzduch jako tzv. **fotochemický** nebo **oxidační smog**. Smog působí dráždivě na dýchací a oběhovou soustavu, ohrožuje zdraví lidí a zvýšená zátěž organismu může být i příčinou úmrtí.

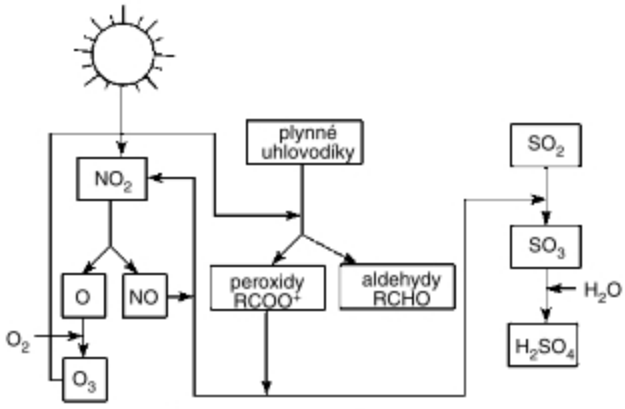
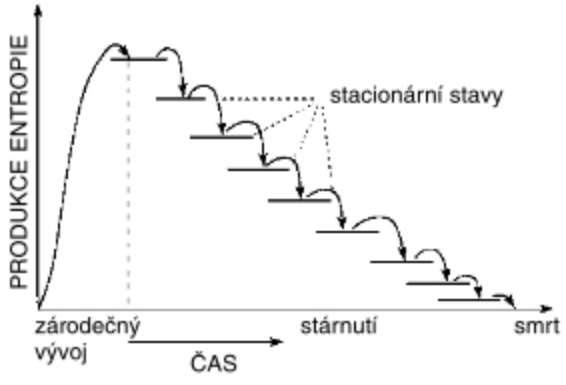


Schéma vzniku oxidačního smogu

POUŽITÍ TERMODYNAMIKY V TEORII ONTOGENEZE A FYLOGENEZE

souvisí s pojmem stacionárního stavu.

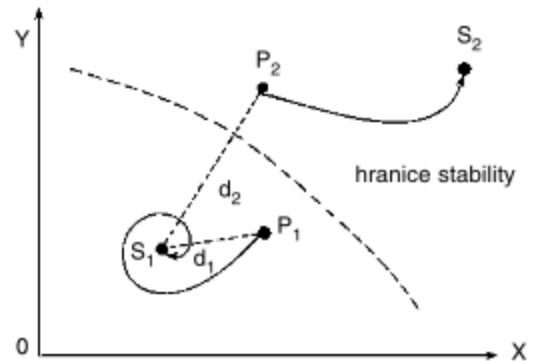
Podle **Prigoginovy teorie ontogeneze** *(Ilya Prigogine, původem Rus žijící v Belgii, roku 1977 získal Nobelovu cenu za chemii)* přechází organismus v průběhu svého života neustále ze stavů s vyšší organizovaností do stavů s organizovaností nižší. Organizovanost systému je přitom charakterizována velikostí produkce entropie do okolí za jednotku času. Čím je produkce entropie větší, tím je systém považován za organizovanější. Takové pojetí organizovanosti systému vyjadřuje jeho dynamické vlastnosti a liší se od pojetí organizovanosti pomocí prosté hodnoty entropie. Podle Prigogina živé systémy ve svém individuálním vývoji přecházejí – „kloužou" – postupně ze stacionárních stavů, charakterizovaných stále menší produkcí entropie, až poslední přechod do rovnovážného stavu, kde je produkce entropie nulová, odpovídá smrti. Tyto přechody začínají již ve velmi raném stadiu individuálního vývoje. Směr opačný, tj. přechod z méně organizovaných stavů do více organizovaných, spojený s velkou produkcí entropie, se uskutečňuje pouze v počátečním stadiu zárodečného vývoje.



Pokles produkce entropie v průběhu života organismu
(ontogenetický vývoj)

Příčinami **fylogenetického vývoje** jsou podle Prigogina **fluktuace** – náhodné odchylky od vymezených hodnot termodynamických veličin. Fluktuace způsobí vychýlení systému ze stacionárního stavu a je příčinou jeho přechodu do jiného stacionárního stavu.

Obrázek znázorňuje dvě náhodná vychýlení *(fluktuace)* ze stacionárního stavu S_1. Vychýlení d_1 je tak malé, že se systém z bodu P_1 vrátí zpět do bodu S_1. Vychýlení d_2 však překonalo hranici stability a systém se z bodu P_2 ustálí ve stacionárním stavu S_2. Pokud má stav S_2 větší organizovanost než stav S_1, došlo zde působením fluktuace k dalšímu kroku ve fylogenetickém vývoji. Tyto náhodné přechody do stavů s jinou úrovní organizace se kombinují s přírodním výběrem, který eliminuje důsledky fluktuací, vedoucích vývoj živého systému nevhodným směrem.



Přechod mezi stacionárními stavy vlivem fluktuací
(fylogenetický vývoj)

S_1, S_2, – stacionární stavy, d_1, d_2 – náhodná vychýlení, P_1, P_2 – neustálené stavy, X, Y – termodynamické veličiny, charakterizující stav systému.

BUNĚČNÝ ODPAD *(ubikvitinace)*

Metaforou buňky může být stát. V **jaderném ústředí** hlavního města je uložen ohromný archiv zákonů, vyhlášek, předpisů a projektů, který je množinou úředníků kopírován a rozesílán dál. V **chloroplastech a v mitochondriích** , stejně jako v rafineriích, úpravnách uhlí či radioaktivního materálu je vyráběno palivo ve formě ATP, energeticky zajišťujícího děje v buňce. V **ribozomálních** výrobních centrech jsou nepřetržitě vyráběny příslušné bílkoviny. Sítí komunikací představovaných **mikrotubuly a mikrofilamenty** jsou součástky, polotovary a hotové výrobky rozváženy na místa určení. Obrovská překladiště **Golgiho aparátu** materiál třídí, případně jej skladují ve specializovaných prostorách váčků až do doby upotřebení. Pro chod státu jsou kromě výrob také nezbytné provozy zabývající se zpracováním buněčného odpadu. Je logické, že **nepotřebné, nefunkční či poškozené bílkoviny musí být z buňky účinně a kontrolovaně odstraněny**. Odpad je třeba důsledně třídit a následně zpracovat. Děje se tak procesem znehodnocení *(degradace)* závislé na **ubikvitinaci** Princip je jednoduchý: na bílkovinu, která má být degradována je navázáno několik molekul **ubikvitinu** *(jiné bílkoviny)*, což ji předurčuje ke zničení ve specializovaném buněčném drtiči odpadů zvaném **proteazom**. Struktura proteazomu

výrazně připomíná obyčejnou popelnici. Válcovité katalytické jádro tvořené čtyřmi makromolekulárními prstenci je spojeno s plochým „víkem“, složeným z nejméně šesti regulačních podjednotek. Označená bílkovina je vtažena do válce. začnou pracovat **proteázy** *(enzymy štěpící bílkoviny)*, které jsou součástí vnitřních stran prstenců. Tyto proteázy rozštěpí bílkovinu na krátké aminokyselinové řetězce, které mohou být následně využity ***„recyklovány“*** při tvorbě nových bílkovin. Molekuly ubikvitinu jsou ušetřeny - proteazom je odštěpí od bílkoviny určené k zániku a pošle je znovu do oběhu.

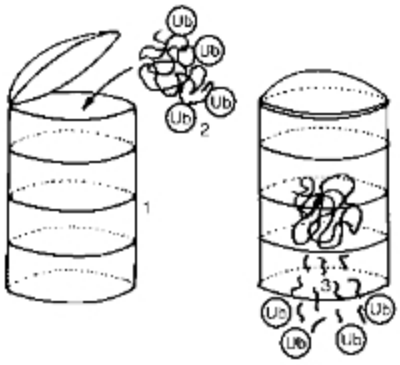


Schéma štěpení bílkoviny v proteazomu

1 – proteazom, 2– bílkovina s navázanými molekulami ubikvitinu, 3 – krátké aminokyselinové řertězce vzniklé štěpením bílkoviny

Souhrn

Nepotřebné, nefunkční či poškozené bílkoviny musí být z buňky aktivně, rychle a účinně odstraněny. Pro jejich znehodnocení *(degradaci)* je nutná bílkovina **ubikvitin**. Tento polypeptid, složený ze 76 aminokyselin, je nazvaný podle své všudypřítomnosti a hojnosti v eukaryotických buňkách *(anglicky: ubiquitous = všudypřítomný)* je strukturně vysoce konzervativní. Je stejný i v tak odlišných organismech jako je člověk, octomilka, pstruh či ropucha, a jen ve velmi vzdálených se odlišuje. Například mezi lidským a kvasničným ubikvitinem je rozdíl pouze ve třech aminokyselinách. Degradace bílkovin je velmi specificky regulována. Specifitu celého procesu zajišťuje obrovský počet bílkovin. Jakékoliv nepřesnosti v tomto procesu vedou k těžkému poškození či smrti buňky, u mnohobuněčných organismů (*např. u lidí*) způsobují těžké patologické změny. Již dříve se vědělo, že funkce bílkovin může být ovlivněna navázáním jiných molekul *(sacharidů, fosfátu, lipidů či jiných nebílkovinných molekul).* **Ubikvitin je dokladem, že funkce bílkoviny může být pozměněna navázáním jiné bílkoviny.** Poškozené bílkoviny jsou pro buňku velkým rizikem. Jednak nejsou schopny vykonávat svoji funkci, jednak mají tendenci vytvářet neforemné agregáty snižující životaschopnost buňky. Proto jsou poškozené a nefunkční bílkoviny rozeznány, označeny ubikvitinem a zničeny. Ukazuje se, že buňka pro jistotu obnovuje všechny bílkoviny, i pokud nejsou poškozené, a to velmi organizovaně Zatímco některé bílkoviny se obnovují ve velmi krátkých intervalech (*poločas života zhruba 4 minuty*), jiné setrvávají v oběhu několik hodin nebo dokonce dní (*hemoglobin má životnost více než 100 dní*). **Proteazomový systém a ubikvitinace** potvrzují všeobecné pravidlo**: „Chceš-li se dále rozvíjet a přežít, řádně se starej o veškerý odpad který produkuješ, nejlépe recyklací!“**

GOLDOVA TEORIE VZNIKU ŽIVOTA NA ZEMI

Gold se domnívá, že život vznikl v pórech a v puklinách v povrchových vrstvách zemské kůry do hloubky 10 i více kilometrů, při teplotách 120–150 °C. Jako první zde vznikla **chemolitotrofní prokaryota**. Svoji hypotézu opírá o skutečnost, že i v hlubokých vrstvách zemské kůry lze najít prokaryotní organismy, jak to dokládají nálezy živých mikroorganismů v naftových studních, hlubokých několik kilometrů. Gold tvrdí, že **ropa není biologický produkt pozměněný geologickými procesy, nýbrž nopak, geologické materiály značně pozměněné mikrobiálním životem**. Uhlíku je totiž v hlubších partiích zemské kůry dostatek *(ve sluneční soustavě je uhlík čtvrtým nejhojněji zastoupeným prvkem).* V uhlíkatých meteoritech, které vytvořily hlavní část hmoty Země se nachází v redukované formě – jako elementární uhlík, nebo v různých organických sloučeninách.

Za předpokladu, že se Země na počátku svého vývoje tavila, musely se tyto formy uhlíku při styku s horninami obsahujícími kyslík oxidovat na CO_2, který unikal do praatmosféry. Většina tohoto plynu se uložila zpět do zemské kůry, jednak ve formě uhličitanů, jednak jako organická hmota. Tyto zásoby ve formě methanu jsou uloženy v hloubkách do 300 km a jsou zdrojem ložisek zemního plynu, ropy a antracitu. Život potom vznikal v hloubi zemské kůry obsahující zdroje energie a živin ve formě těchto zásob a teprve později osídlil značně nehostinný povrch s neustále se měnícími podmínkami.

Shrnutí: Goldova teorie je jednou z hypotéz podporujících teorie o abiogenetickém vzniku života v blízkosti podmořských sopek nebo v hlubších vrstvách zemské kůry. Hluboká místa jsou chráněna před tvrdým slunečním zářením, existují v nich stabilní podmínky po milióny roků a jsou bohatá na zdroje energie a živin ve vysokých koncentracích, při vysokých teplotách a tlacích. Tyto podmínky umožňovaly vysokou rychlost potřebných reakcí v prostředí, obsahujícím různé přechodné kovy, které jako součást organokovových komplexních sloučenin fungují i v současně žijících organismech jako velmi účinné katalyzátory.

Ve sluneční soustavě život asi s výjimkou Země nemůže existovat na povrchu. Na některých tělesech jako jsou např. Mars nebo Europa *(jeden z měsíců planety Jupiter)* by mohla existovat „hluboká a teplá biosféra“ v hloubce několika kilometrů pod povrchem.

PRAKTICKÁ ČÁST

NEBUNĚČNÍ A PROKARYOTA

(str. 17–21, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

virion	nukleoid	murein
bakteriofág	tylakoid	bakterie aerobní
kapsid	hormogonie	bakterie anaerobní
kapsomera	fykocyan	bakterie fakultativně aerobní
antigenita	mineralizace	bakterie patogenní
permisivita buňky	bakterie heterotrofní	vakcinace *(očkování)*
provirus	plazmatická membrána	heterocysta
protoplast	bakterie autotrofní	akineta
cytoplazma	plazmidy	fykoerytrin
ribozom	bakteriochlorofyl	β-karoten

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Vysvětlete, proč se viry mohou rozmnožovat pouze v hostitelské buňce.
2. Pohovořte o struktuře virových částic.
3. Uveďte části životního cyklu viru.
4. Popište průběh virové infekce.
5. Vyjmenujte hlavní struktury prokaryotické buňky.
6. Jak se rozmnožují bakterie?
7. Pohovořte o významu bakterií v přírodě.
8. Kterými vlastnostmi se odlišují sinice od ostatních prokaryot?
9. Jaký význam mají sinice v přírodě?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

10. Biochemické procesy probíhají u všech organismů za katalytického působení …….
11. Z termodynamického hlediska jsou organismy ……, které si svým okolím vyměňují ……
12. Viry bakterií se nazývají ……
13. Viry jsou …… parazité.
14. Za určitých podmínek se může bakteriální buňka změnit na ……, která se nemnoží a odolává značně nepříznivým podmínkám prostředí.
15. Přeměna ústrojných látek činností bakterií na látky neústrojné se nazývá ……
16. Odškrcením od cytoplazmatické membrány vznikl u sinic systém tylokoidů obsahujících ……
17. Prochlorofyta obsahují ve svých tylakoidech ……, což je dokladem vývojové příbuznosti těchto organismů s eukaryotními organismy.

✓ *Test*

18. **Základní kategorie ve vzestupném pořadí jsou následující:**
    a) rod – druh – řád – čeleď – třída – kmen
    b) druh – čeleď – rod – řád – kmen – třída
    c) druh – rod – čeleď – řád – třída – kmen
    d) druh – řád – rod – třída – čeleď – kmen

19. **Mezi prokaryota nepatří:**
    a) viry
    b) bakterie
    c) prochlorofyty
    d) řasy

20. **Klidová částice viru, existující mimo hostitelskou buňku je:**
    a) viroid
    b) kapsid
    c) riketsie
    d) virion

21. **Membránový obal některých virů je povahy:**
    a) pouze bílkovinné
    b) bílkovinné a fosfolipidické
    c) pouze fosfolipidické
    d) polysacharidové

22. **Mezi onemocnění virového původu patří:**
    a) obrna
    b) tyfus
    c) spalničky
    d) angína

23. **Peniciliny narušují svým účinkem biosyntézu peptidoglykanu.**
    Jsou nejúčinnější při léčení onemocnění, jejichž původci jsou:
    a) viry
    b) bakterie
    c) houby
    d) prvoci

24. **Bakterie jsou způsobem své výživy:**
    a) heterotrofní i autotrofní
    b) pouze heterotrofní
    c) pouze autotrofní
    d) nedovedou přeměňovat CO_2 na organické sloučeniny

25. **Provzdušňováním půdy, např. okopáváním, podmítáním apod. se:**
    a) podporuje činnost anaerobních bakterií
    b) obohacuje půda o amoniakální formu dusíkatých látek
    c) umožňuje činnost fermentujících bakterií
    d) obohacuje půda o dusičnanové formy dusíku

26. **Mezi onemocnění bakteriálního původu nepatří:**
    a) spála
    b) pásový opar
    c) cholera
    d) tuberkulóza

27. **Sinice:**
    a) obsahují chlorofyl **a** a chlorofyl **d**
    b) obsahují chlorofyl **a** a chlorofyl **c**
    c) obsahují chlorofyl **b** rozptýlený v cytoplazmě
    d) obsahují pouze chlorofyl **a**

28. **Vázání *(fixaci)* vzdušného dusíku u některých druhů sinic umožňují:**
    a) hormogonie
    b) fykocyan
    c) heterocysty
    d) akinety

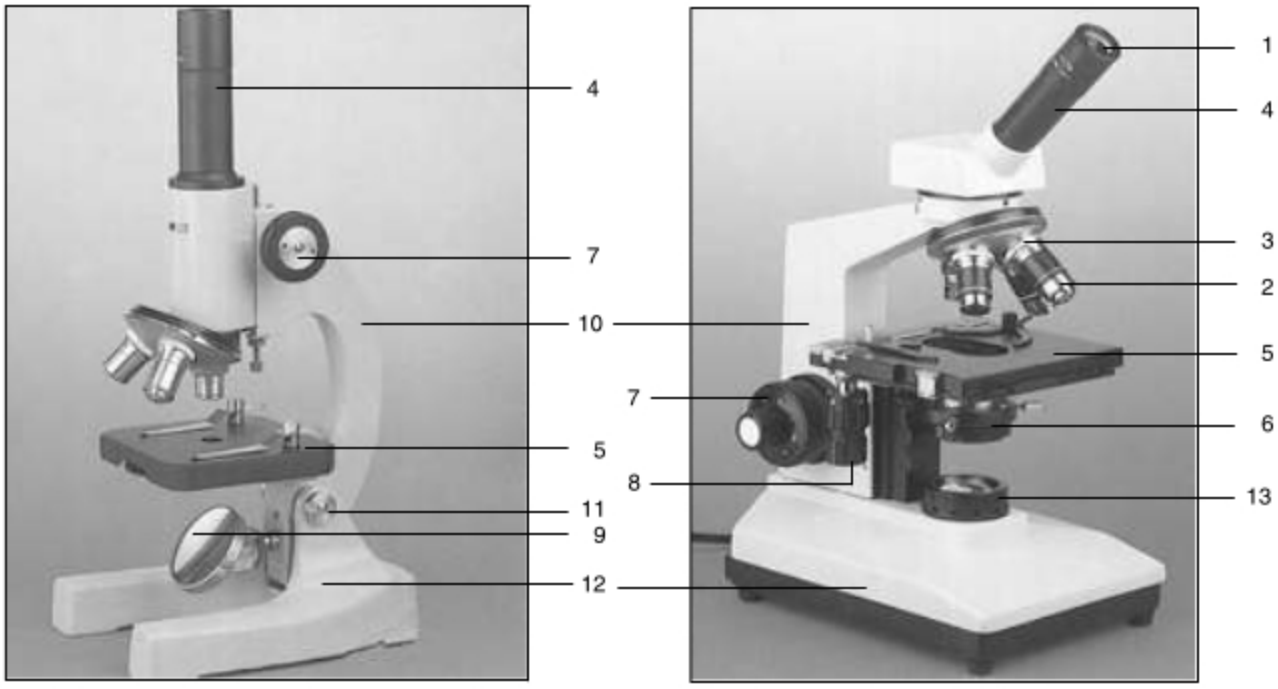
29. **Prokaryotními organismy obsahujícími *chlorofyl a*, produkujícími kyslík jsou:**
    a) krásnoočka
    b) červené řasy
    c) halofilní bakterie
    d) sinice

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
29. Viry nemají vlastní aparát pro syntézu bílkovin.	❍	❑
30. Kapsomera je bílkovinný obal okolo virové nukleové kyseliny.	❍	❑
31. Do hostitelské buňky vniká buď celý virus nebo jen jeho nukleová kyselina.	❍	❑
32. Provirus je virový chromozom včleněný do chromozomu hostitelské buňky a předávaný dále do dceřinných buněk.	❍	❑
33. Membránový obal některých virů je tvořen peptidoglykanem *(mureinem)*.	❍	❑
34. Nukleoid je do kruhu stočená dvoušroubovice DNA.	❍	❑
35. Fakultativně anaerobní bakterie nesnášejí přítomnost kyslíku.	❍	❑
36. Denitrifikační bakterie oxidují amoniovou formu dusíku na elementární dusík.	❍	❑
37. Vláknité formy sinic obsahují akinety, které jim umožňují vázat vzdušný dusík.	❍	❑

Praktická cvičení

1. Práce s mikroskopem



Mikroskopy používané v žákovských laboratořích

Hlavní části mikroskopu

1 – okulár, 2 – objektiv, 3 – otáčecí *(revolverová)* hlava, 4 – tubus, 5 – stolek, 6 – kondensor s irisovou clonou a nosičem filtrů, 7 – makrometrický šroub a mikrometrický šroub, 8 – šroub pro pohyb stolku, 9 – zrcátko, 10 – nosič tubusu, 11 – kloub, 12 – stativ, 13 – mikrolampa

Pracovní postup při mikroskopování:

1. Mikroskop postavíme na vhodné dobře osvětlené místo nebo proti světelnému zdroji tak, aby jeho poloha umožňovala pohodlné pozorování a provedení nákresu pozorovaného objektu.
2. K většímu zvětšení potřebujeme silné světlo, proto upravíme polohu zrcátka pod kondensorem tak, aby zorné pole bylo co nejsvětlejší.
3. Preparát uchytíme svorkami na stolek mikroskopu.
4. Objektiv snížíme *(při pozorování ze strany)* makrošroubem k preparátu. Teprve potom hledíme do okuláru a pomalu oddalujeme objektiv od preparátu otáčením makrošroubem. Po zachycení obrazu zaostřujeme již jen mikrošroubem.
5. Upravíme clonu a kondensor nastavíme do nejvhodnější vzdálenosti. Čím více cloníme, tím je obraz ostřejší.
6. Pokud pozorujeme imerzí, najdeme nejdříve vhodný obraz, jak je popsáno výše. Zdvihneme tubus a vyměníme objektiv za imerzní. Na preparát nakápneme kapku cedrového oleje *(příp. jinou imerzní kapalinu)*. Snižujeme *(při pozorování ze strany)* tubus, až se objektiv dotkne oleje. Dále pozorujeme preparát okulárem a obraz hledáme a zaostřujeme pomocí mikrošroubu.
7. Pozorovaný preparát nebo jeho část zakreslíme a pečlivě popíšeme a zaznamenáme zvětšení.
8. Po skončeném pozorování vyměníme imerzní objektiv za suchý, otřeme ho hadříkem namočeným v čistém benzinu, nebo speciálním papírkem na čočky.
9. Mikroskop uložíme do skříňky, pod skleněný zvon nebo ho zakryjeme plastovým obalem.

Mikroskop chráníme před náhlými změnami teploty, před vlhkem, parami kyselin a rozpouštědel a prachem. Přenášíme-li mikroskop, uchopíme jej za nosič tubusu levou rukou a pravou rukou podepřeme stativ. Na optiku mikroskopu nesmíme nikdy sahat prsty. Od prachu čistíme mikroskop speciálním štětečkem.

Obvyklé chyby při mikroskopování

1. Špatné osvětlení zorného pole *(nesprávným postavením zrcátka, nesprávným postavením kondensoru, příliš zataženou clonou).*
2. Mikrošroub je došroubován do konce *(u starších typů mikroskopů).*
3. Špatně zaostřený obraz.
4. Znečištěná optická soustava:
   – skvrny na zrcátku poznáme při mikroskopování podle toho, že se při posunu zrcátka pohybují;
   – skvrny na kondensoru mizí, snížíme-li kondensor, a opět se objevují při jeho zvednutí;
   – skvrny na okuláru poznáme podle toho, že se otáčejí při otáčení okulárem;
   – skvrny na objektivu se projevují rozmazáním obrazu.

2. Pozorování kolonií *(Azotobacter chroococcum)*

✓ *Teorie*

Jedním z nejdůležitějších biogenních prvků je dusík. Je součástí bílkovin. U rostlin podporuje nárůst zelené hmoty. V atmosféře obsažený dusík *(78 % objemových)* je pro zelené rostliny nedostupný. Ty jej mohou přijímat z půdy ve formě dusičnanů nebo amonných solí.

Existuje však několik druhů půdních bakterií, které dovedou poutat *(fixovat)* přímo vzdušný dusík. Jednou z nich je *Azotobacter chroococcum*. Za rok může obohatit 1 ha půdy o 20 až 50 kg dusíku. *Azotobacter* je značně náročný na aerobní podmínky. Je hojnější v provzdušněných, humózních půdách.

✓ *Materiál a pomůcky*

Asi 100 g zkoumané zeminy prosáté sítem, jehož oka mají průměr cca 2 mm.
Bramborový škrob, větší třecí miska, Petriho miska, bakteriologická klička.

✓ *Postup*

Zeminu promíchejte v třecí misce se stejným objemovým množstvím škrobu. Za postupného přidávání vody zeminu prohněte tak, abyste získali tvárlivou, těstovitou hmotu. Vtlačte ji do Petriho misky, povrch zarovnejte a uhlaďte navlhčeným podložním sklíčkem. Takto získanou půdní plotnu vložte bez víčka do větší kádinky nebo sklenice s malým množstvím vody. Kádinku přikryjte sklem a uložte do termostatu při teplotě 25–30 °C *(nebo ponechte při teplotě místnosti).*

✓ *Pozorování*

Během dvou až tří dnů se na povrchu plotny utvoří bělavé nebo čiré hlenovité kolonie druhu *Azotobacter chroococcum*. Bakteriologickou kličkou přeneste část kolonie do kapky vody na podložním skle a připravte preparát. Při zvětšení 600× jsou viditelné kulovité buňky druhu *Azotobacter,* které obvykle tvoří dvojice.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

10. enzymů
11. otevřené soustavy – látky a energii
12. bakteriofágy
13. nitrobuněčné
14. sporu
15. mineralizace
16. chlorofyl **a** *(β-karoten, fykocyan, fykoerytrin)*
17. chlorofyl **a** i chlorofyl **b**

Výsledky testu:

18c; 19d; 20d; 21b; 22a, c; 23b; 24a; 25d; 26b; 27d; 28c; 29d

Správná tvrzení:

29 ano; 30 ne; 31 ano; 32 ano; 33 ne; 34 ano; 35 ne; 36 ne; 37 ne

ROSTLINNÁ BUŇKA, PLETIVA, ORGÁNY

(*str. 21–34, Biologie – teoretická část)*

✓ *Důležité pojmy*

eukaryotická buňka	sklerenchym	stvol
chromozom	prosenchym	stéblo
mitochondrie	meristém	oddenek
endoplazmatické retikulum	kambium	dělohy
Golgiho systém	felogen	tyčinky
lyzozom	kalus	pestík
vakuola	kutikula	jednopohlavný květ
plastidy	trichom	jednodomá rostlina
tylakoidy	souplodí	dvoudomá rostlina
inkluze buněčné	plodenství	květenství
mitóza	xylem	opylení
karyokinéza	floem	oplození
cytokinéza	pletivo základní	samosprašnost *(autogamie)*
meióza	endodermis	cizosprašnost *(allogamie)*
osmóza	pericykl	prvoprašnost *(proterandrie)*
turgor	kořeny adventivní	prvobliznost *(proterogynie)*
pletivo	haustoria	různočnělečnost *(heterostylie)*
parenchym	prýt	plod pravý
kolenchym	lodyha	plod nepravý

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Uveďte základní rozdíly mezi buňkou prokaryotickou a ekaryotickou.
2. Vyjmenujte organely a struktury eukaryotické buňky a popište jejich funkce.
3. Popište mitózu.
4. Co je meióza, kde se uskutečňuje, jaký má význam?
5. Vysvětlete vznik turgoru.
6. Které typy pletiv rozlišujeme podle tloušťky buněčné stěny, podle tvaru buněk a podle přítomnosti či nepřítomnosti mezibuněčných prostorů?
7. Jak rozdělujeme pletiva podle jejich funkce?
8. Čím se odlišuje xylem od floemu?
9. Proč dochází k přeměnám *(metamorfózám)* kořene?
10. Co jsou letokruhy? Jak vznikají?
11. Jakou funkci má felogen?
12. Uveďte funkce a přeměny stonku.
13. Popište vnitřní stavbu listu na příčném průřezu.
14. Které jiné funkce kromě fotosyntézy mohou mít listy?
15. Vyjmenujte hroznovitá květenství a ke každému přiřaďte známou rostlinu.
16. Jakými způsoby brání rostliny samoopylení *(autogamii)*?
17. Definujte pravé nepukavé plody. Uveďte některé známé rostliny s pravými nepukavými plody.
18. Které plody patří mezi nepravé? Čím se liší od pravých plodů?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

19. Vnitřek jádra vyplňuje ……, v níž se nacházejí vláknité útvary – ……
20. Deoxyribonukleová kyselina je nositelkou ……
21. Tělní buňky obsahují ve svých jádrech …… počet chromozomů.
22. V mitochondriích se uskutečňuje ……
23. Vnitřek vakuol vyplňuje …… obsahující různé rozpuštěné látky a také ……, zúčastňující se metabolických přeměn.
24. Stupňovitě na sebe uložené tylakoidy tvoří …… obsahující zelený chlorofyl a další asimilační barviva.
25. Leukoplasty se nacházejí zejména v …… a hromadí se v nich ……
26. Buněčný skelet tvoří …… a ……
27. Hlavní stavební složkou buněčné stěny u rostlin je ……
28. Před rozdělením buňky dochází nejdříve k ……
29. Jádro eukaryotních buněk se dělí……
30. Gamety a haploidní spory vznikají …… dělením.
31. Osmóza je jednostranné pronikání molekul rozpouštědla přes …… membránu.
32. Nachází-li se rostlinná buňka v hypotonickém roztoku, dochází uvnitř buňky ke ……
33. Umístíme-li buňku do hypertonického prostředí, nastává u ní ……
34. Mezi druhotná dělivá pletiva patří …… a hojivé pletivo ……
35. Vzájemné propojení všech buněk pletiva umožňují ……
36. Průduchy se nacházejí hlavně v pokožce na …… listů.
37. Část dřevní tvoří …… a ……
38. Pod endodermis se nachází …… jehož buňky si uchovávají dělivou schopnost.
39. Bezlistá lodyha ukončená květem nebo květenstvím je ……
40. V korkovém pletivu se nacházejí …… umožňující výměnu plynů mezi vnitřkem rostliny a okolím.
41. Složená květenství vzniklá kombinací dvou stejných typů květenství se nazývají ……, zatímco složená květenství vzniklá kombinací různých typů květenství se nazývají ……
42. Pravé plody vznikají pouze z ……, na vzniku nepravých plodů se podílejí ……

✓ *Test*

43. **Součástí prokaryotické buňky *nejsou*:**
    a) nukleoid
    b) ribozomy
    c) mitochondrie
    d) plazmidy

44. **Smyslem mitotického dělení je mimo jiné i:**
    a) snížení počtu chromozomů v dceřinných buňkách
    b) udržení stupně ploidie v dceřinných buňkách
    c) zvýšení počtu chromozomů v dceřinných buňkách
    d) výměna homologických chromozomů

45. **Které z uvedených buněk vznikají meiotickým dělením**:
    a) tělní buňky
    b) buňky vodivých pletiv
    c) pohlavní buňky
    d) buňky asimilačních pletiv

46. **V telofázi mitotického dělení dochází k:**
    a) podélnému rozdělení chromozomů
    b) cytokinezi
    c) spojení homologických chromozomů
    d) chromozomů svými centromerami do středové roviny buňky

47. **Plazmolýza nastává:**
    a) následkem propustných vlastností buněčné stěny
    b) v prostředí izotonickém
    c) v prostředí hypotonickém
    d) v prostředí hypertonickém

48. **Dělivými pletivy jsou:**
    a) prosenchym
    b) meristémy
    c) parenchym
    d) kolenchym

49. **Mezi pletiva trvalá *nepatří*:**
a) kalus
b) xylem
c) aerenchym
d) mléčnice

50. **Dělivou schopnost si uchovávají buňky:**
a) primární kůry
b) endodermis
c) floemu
d) pericyklu

51. **Mezi přeměny *(metamorfózy)* kořene patří:**
a) haustoria
b) oddenky
c) cibule
d) úponky

52. **Hroznovitým květenstvím *není*:**
a) jehněda
b) chocholík
c) vidlan
d) úbor

53. **Samoopylení *(autogamii) nebrání*:**
a) proterandrie
b) proterogynie
c) heterostylie
d) anemofilie

54. **Nepravým plodem je:**
a) šešule
b) obilka
c) češule
d) bobule

55. **Přiřaďte k sobě významem si odpovídající:**

1 – oříšek	A – nepravý plod
2 – tobolka	B – pravý pukavý plod
3 – peckovice	C – pravý nepukavý plod
4 – malvice	D – pravý dužnatý plod

Správné pořadí:
a) 1B 2A 3C 4D
b) 1C 2B 3D 4A
c) 1C 2B 3A 4D
d) 1D 2B 3A 4C

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
56. Při vysoké vzdušné vlhkosti jsou průduchy uzavřené.	○	❑
57. Kolenchym je vodivé pletivo.	○	❑
58. Je-li buňka umístěna do hypertonického prostředí, dochází v ní ke zvýšení turgoru.	○	❑
59. Buněčná stěna má polopropustné vlastnosti.	○	❑
60. Tonoplast je biomembrána ohraničující vakuolu.	○	❑
61. Cévice rozvádějí v rostlinném těle asimiláty.	○	❑
62. Stěny cév kromě vodivé funkce mají též funkci zpevňovací.	○	❑
63. Pletiva asimilační patří mezi pletiva základní.	○	❑
64. Činností felogenu vznikají letokruhy.	○	❑
65. Opylení představuje splynutí oosféry se spermatickou buňkou.	○	❑
66. Rostliny dvoudomé mají na téže rostlině samičí i samčí květy.	○	❑

Praktická cvičení

3. Pozorování rostlinných buněk a jejich struktur

A. POZOROVÁNÍ BUNĚK Z POKOŽKY CIBULE

✓ *Teorie*

Starší buňky obsahují obvykle jednu velkou vakuolu. Cytoplazma je zatlačena k buněčné stěně a tvoří tenký, nástěnný povlak. S cytoplazmou je k buněčné stěně zatlačeno i buněčné jádro.

✓ *Materiál a pomůcky*

Cibule *(Allium cepa)*, vodný roztok neutrální červeně, potřeby k mikroskopování, krycí sklíčko. *(Neutrální červeň je vhodná k barvení vakuol. Připravuje se vodný roztok 1 : 10 000.)*

✓ *Postup*

Ostrou žiletkou provedeme dva souběžné poledníkové řezy ve vzdálenosti asi 5 mm a kolmo na ně dva souběžné rovníkové řezy ve vzdálenosti asi 5 mm. Vzniklé čtverečky suknice vyloupneme a pomocí pinzety z jejich vnitřní strany stáhneme vnitřní pokožku suknice, kterou rychle přeneseme do neutrální červeně na hodinovém sklíčku. Asi po 15 minutách přeneseme čtvereček pokožky do kapky vody na podložním sklíčku, přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme pod mikroskopem.

✓ *Pozorování*

Buňky vyplňují velké vakuoly. Cytoplazma s jádrem je zatlačená k buněčným stěnám.

B. CHLOROPLASTY V BUŇKÁCH LÍSTKU MECHU MĚŘÍKU

✓ *Teorie*

Lístky měříku jsou tvořeny pouze jednou vrstvou buněk.

✓ *Materiál a pomůcky*

Mech měřík *(Mnium sp.)*, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

Pinzetou utrhneme mladý lístek *(fyloid)* měříku a přeneseme ho do kapky vody na podložním sklíčku. Přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme nejdříve pod menším a posléze při větším zvětšení.

✓ *Pozorování*

Buňky jsou ostře ohraničeny buněčnými stěnami. Uvnitř buněk pozorujeme různé fáze dělení chloroplastů.

4. Pozorování fází mitózy

✓ *Teorie*

Buňky dělivých pletiv *(meristémů)* ve vzrostlých vrcholech rostlin se neustále dělí. Jejich jádra procházejí čtyřmi mitotickými fázemi. Doba mezi dvěma po sobě následujícími mitózami se nazývá interfáze.

✓ *Materiál a pomůcky*

Asi jeden týden před pozorováním dáme naklíčit cibule. Cibule položíme na skleněnou nádobku *(kádinku)* naplněnou vodou tak, aby ji svým objemem uzavírala a současně svým podpučím byla ponořená do vody.

Filtrační papír, 3 malé Petriho misky, párátka, kahan, destilovaná voda, potřeby k mikroskopování.

Fixační roztok (3 díly 96% ethanolu a 1 díl ledové kyseliny octové).

Macerační roztok (1 díl 96% ethanolu a 1 díl konc. kyseliny chlorovodíkové).

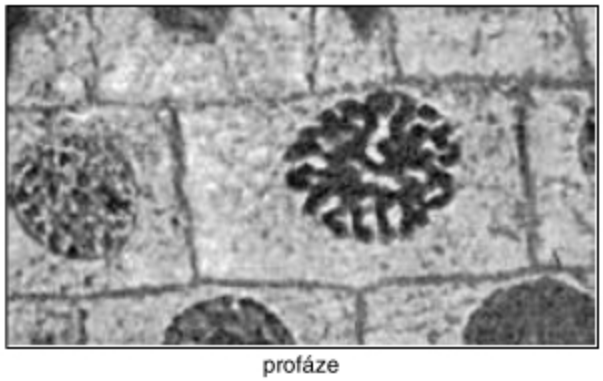
Acetokarmín (do 100 ml 45% kyseliny octové dáme 0,5 g karmínu, vaříme asi 1 hodinu a zfiltrujeme).

✓ *Postup*

Z kořínků odřežte kořenové špičky dlouhé asi 5 mm a pomocí párátka je přeneste do roztoků v Petriho miskách. Fixujte asi 10 minut, macerujte také asi 10 minut, propírejte stejnou dobu v dest. vodě. Z vypraného kořínku odřízněte přebytečnou část tak, aby na podložním sklíčku zbyla jen asi 2 mm koncová část s meristémy. Na tuto část nakápněte kapku barviva a přiložte krycí sklíčko. Jemným tlakem palce na krycí sklíčko kořínek rozmačkejte, až se uvolněné izolované buňky rozprostřou do plochy. Velmi mírně zahřejte nad plamenem kahanu *(teplota nesmí přestoupit 60 °C!)*. Není-li preparát dostatečně probarven, přikápněte na hranu krycího sklíčka kapku barviva, k opačné hraně přiložte proužek filtračního papíru a barvivo přesajte přes preparát a opět mírně zahřejte.

✓ *Pozorování*

Pečlivým prohlížením preparátu najděte postupně všechny čtyři fáze mitózy.

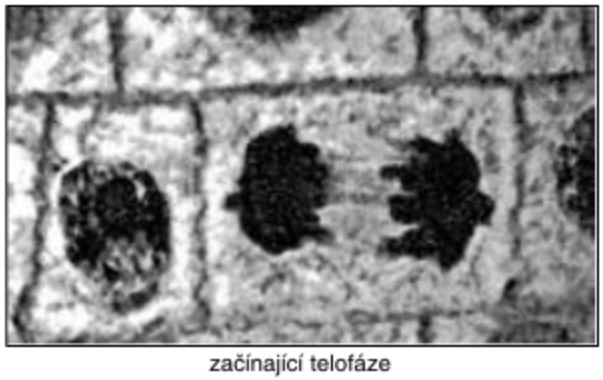


profáze

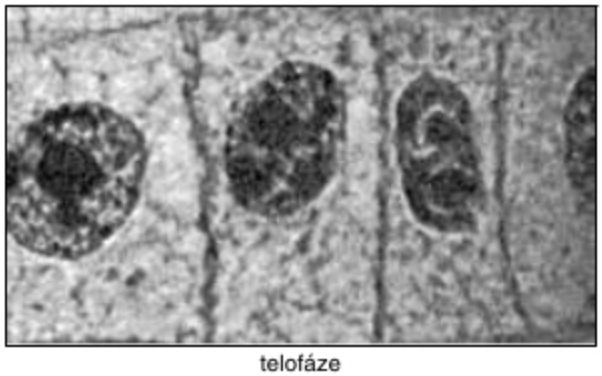
metafáze

začínající anafáze

anafáze



začínající telofáze



telofáze

5. Pozorování průduchů a trichomů

A. POZOROVÁNÍ SPODNÍ POKOŽKY LISTU PELARGONIE *(Pelargonium sp.)* a PODEŇKY *(Tradescantia sp.)*

✓ *Teorie*

Pokožka je krycím pletivem těla rostliny. Mezi plochými pokožkovými buňkami se nacházejí svěrací buňky s průduchy, umožňujícími spojení vnitřních mezibuněčných prostorů v listu s vnějším prostředím. Průduchy umožňují výměnu plynů mezi rostlinou a prostředím.

✓ *Materiál a pomůcky*

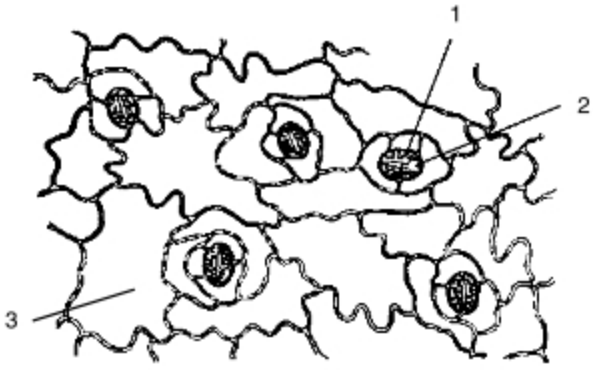
Listy podeňky a listy pelargonie, glycerol, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

List přehneme přes prst tak, aby spodní plocha byla nahoře. Žiletkou ho příčně a šikmo nařízneme a pinzetou sloupneme pokožku ve směru souběžném s délkou listu. Z kousku pokožky zhotovíme vodní preparát.

✓ *Pozorování*

Ve svěracích buňkách pozorujeme četné chloroplasty. Ve vodním prostředí jsou průduchy otevřené. Přeneseme-li kousek pokožky do kapky glycerolu, turgor ve svěracích buňkách klesne a průduchy se uzavřou. Pozorujeme též chlupy *(trichomy)*.



Spodní pokožka pelargonie
1 – svěrací buňky s chloroplasty, 2 – průduch,
3 – plochá pokožková buňka

B. POZOROVÁNÍ KRYCÍCH CHLUPŮ SPODNÍ POKOŽKY HLOŠINY

✓ *Teorie*

Hustý pokryv krycích chlupů brání nadměrné transpiraci.

✓ *Materiál a pomůcky*

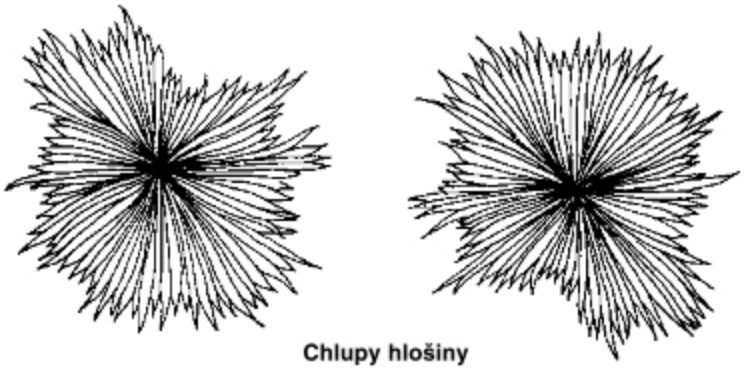
Suché nebo čerstvé chlupy hlošiny úzkolisté *(Eleagnus angustifolia)*, žiletka, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

Chlupy seškrábněte žiletkou ze spodní strany listu do kapky vody na podložním sklíčku a připravte preparát.

✓ *Pozorování*

Krycí chlupy hlošiny jsou tvořeny mrtvými buňkami, vyplněnými vzduchem a paprsčitě uspořádanými.



Chlupy hlošiny

6. Cévní svazky ve stoncích

A. POZOROVÁNÍ CÉVNÍCH SVAZKŮ VE STONKU DVOUDĚLOŽNÉ ROSTLINY

✓ *Teorie*

Rozvádění vody a roztoků organických a minerálních látek v tělech vyšších rostlin umožňují vodivá pletiva uspořádaná v cévních svazcích.

✓ *Materiál a pomůcky*

Stonky pelargonie *(Pelargonium sp.)*, 1% roztok floroglucinolu v 96% ethanolu, koncentrovaná kyselina chlorovodíková, žiletka, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

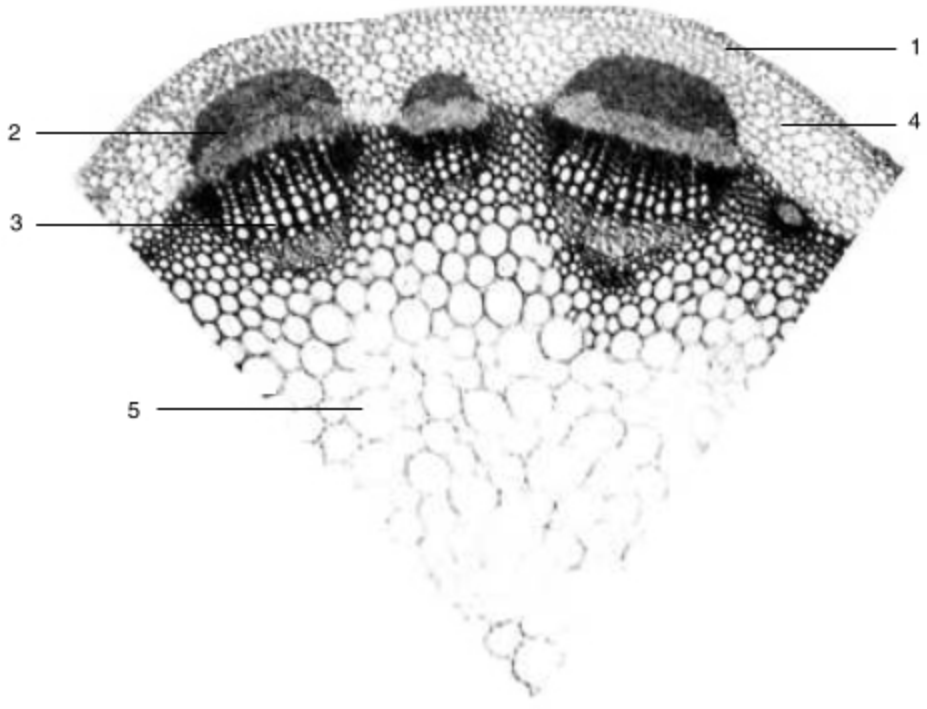
Na dřevěné podložce seřízněte několik co nejtenčích příčných řezů stonku pelargonie tak, aby na nich byla zachována všechna pletiva od středu až k obvodu. Nejlepší z řezů přeneste na podložní sklíčko, přikápněte kapku floroglucinolu a ihned kapku kyseliny chlorovodíkové. Přiložte krycí sklíčko a pozorujte.

✓ *Pozorování*

Zdřevnatělé stěny buněk se zbarvily červeně. Svazky cévní jsou rozloženy na kružnici tvořené kambiem, které dělí svazky cévní na část lýkovou, směřující ven, a část dřevní, směřující dovnitř. V lýkové části jsou sítkovice, v dřevní části jsou široké cévy. Jsou to otevřené boční svazky. Od okolního parenchymatického pletiva jsou cévní svazky odděleny sklerenchymatickou pochvou. Mezi nimi jsou dřeňové paprsky, spojující dřeň s primární kůrou. Nejvnitřnější vrstvu primární kůry tvoří buňky vyplněné škrobovými zrny – škrobová pochva. Vrstva buněk nacházející se mezi ní a vodivými pletivy se nazývá pericykl. Vnější vrstvy buněk primární kůry obsahují chloroplasty.

Kambium, produkující směrem k obvodu stonku buňky druhotného lýka a směrem dovnitř buňky druhotného dřeva, umožňuje tloustnutí stonku.

(Porovnejte svůj nákres s obrázkem „Příčný řez stonkem jetele“)



Příčný řez stonkem jetele
1 – pokožka *(epidermis)*, 2 – floem, 3 – xylem, 4 – primární kůra, 5 – dřeň

B. POZOROVÁNÍ SVAZKŮ CÉVNÍCH VE STONKU JEDNODĚLOŽNÉ ROSTLINY

✓ *Materiál a pomůcky*

Stonek podeňky *(Tradescantia sp.)*, chlorzinkjod, žiletka, potřeby k mikroskopování.

Chlorzinkjod připravíme tak, že 20 g $ZnCl_2$, 6,5 g jodidu draselného a 1,3 g jodu rozpustíme v 10,5 ml destilované vody. Používá se k důkazu celulózy - celulózní buněčné stěny barví modře až fialově.

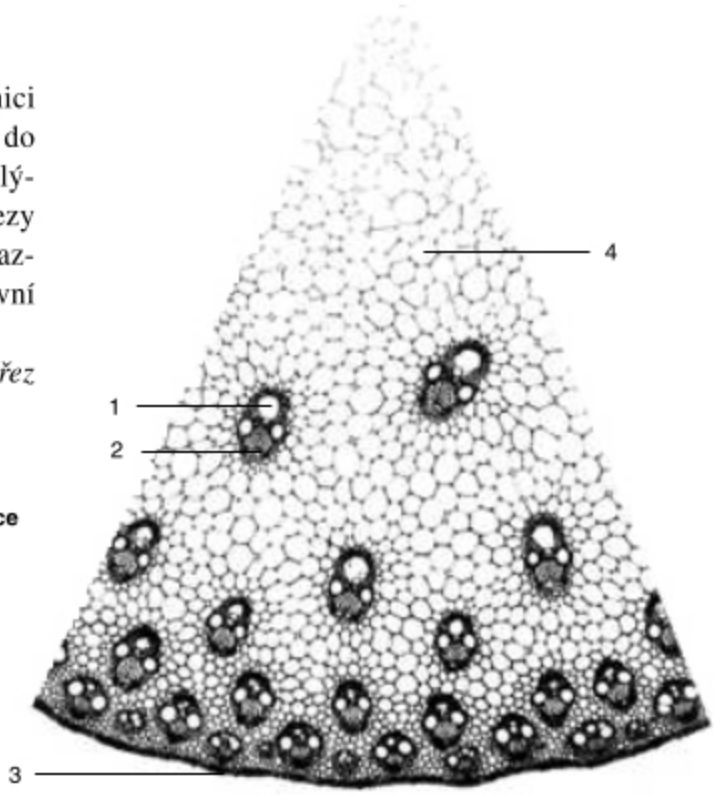
✓ *Postup*

Preparát zhotovíme podobně jako v předešlém cvičení. Na příčný řez stonkem kápneme chlorzinkjod a přiložíme krycí sklíčko.

✓ *Pozorování*

Svazky cévní nejsou uspořádány na kružnici – jsou roztroušené, dřevní částí vždy obrácené do nitra stonku a částí lýkovou obrácenou vně. V lýkové části jsou nápadně fialově zbarvené průřezy sítkovic. Mezi lýkovou a dřevní částí cévních svazků chybí kambium. Jsou to uzavřené, boční cévní svazky, typické pro jednoděložné rostliny.

(Porovnejte svůj nákres s obrázkem „Příčný řez stonkem kukuřice“)



Příčný řez stonkem kukuřice
1 – xylem
2 – floem
3 – pokožka *(epidermis)*
4 – parenchym

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

19. karyoplazma – chromozomy
20. dědičných informací
21. diploidní
22. buněčné dýchání
23. buněčná šťáva – enzymy
24. grana
25. v neosvětlených částech – zásobní látky
26. mikrofilamenta – mikrotubuly
27. celulóza
28. rozdělení jádra *(karyokinezi)*
29. nepřímo *(mitoticky)*
30. meiotickým
31. polopropustnou
32. zvyšování turgoru
33. plazmolýza
34. kambium, felogen – kalus
35. plazmodezmy
36. spodní straně
37. cévice a cévy
38. pericykl
39. stvol
40. čočinky
41. homotaktická – heterotaktická
42. z pestíku – i jiné části květu

Výsledky testu:

43c; 44b; 45c; 46b; 47d; 48b; 49a; 50d; 51a; 52c; 53d; 54c; 55b

Správná tvrzení:

56 ne; 57 ne; 58 ne; 59 ne; 60 ano; 61 ne; 62 ano; 63 ano; 64 ne; 65 ne; 66 ne

ŽIVOTNÍ FUNKCE A INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ROSTLIN

(str. 35–43, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

sušina	glykolýza	pereny
korelace	Krebsův cyklus	stadijní vývoj
makrobiogenní prvek	dýchací řetězec	jarovizace
mikrobiogenní prvek	kvašení *(fermentace)*	fotoperiodismus
bílkoviny	transpirace	rostliny dlouhodenní
sacharidy	fytohormony	rostliny krátkodenní
nukleové kyseliny	etiolizace	vegetativní rozmnožování
lipidy	koheze molekul	roubování
fotosyntéza	adheze molekul	očkování
fotolýza vody	polarita růstu	zygota
světelná fáze fotosyntézy	explantát	tropismy
temnostní fáze fofosyntézy	annuely	nastie
fotoautotrofie	bieny	
disimilace	plurieny	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Co je sušina?
2. Které látky tvoří sušinu?
3. Vyjmenujte nejdůležitější organické látky rostlinného těla a uveďte jejich funkce.
4. Pro průběh fotosyntézy je nezbytná přítomnost chlorofylu **a**. Zdůvodněte.
5. Jaký význam má pro průběh fotosyntézy voda?
6. Uveďte důvody pro tvrzení, že fotosyntéza je nejdůležitější proces v přírodě.
7. Které faktory ovlivňují průběh fotosyntézy?
8. Uveďte zásadní rozdíl *(z chemického hlediska)* mezi fotosyntézou a dýcháním.
9. Co bylo příčinou skutečnosti, že v průběhu vývoje organismů převládly aerobní formy nad anaerobními?
10. Který z procesů je starší? Fotosyntéza, nebo fermentace? Proč?
11. Které látky mohou být konečnými produkty fermentace?
12. Popište vznik transpiračního sání.
13. Které faktory významně ovlivňují příjem vody kořeny rostlin?
14. Transpirace má velký biologický význam. Můžete uvést alespoň tři důvody pro toto tvrzení?
15. Ve které části rostliny se uskutečňuje embryonální fáze růstu?
16. Jaké účinky mají fytohormony?
17. Proč sadaři pravidelně prořezávají stromy?
18. Co je stadijní vývoj?
19. Které rostliny označujeme jako dlouhodenní?
20. Vyjmenujte orgány, kterými se mohou rostliny vegetativně rozmnožovat.
21. Popište princip očkování a roubování.
22. Čím se odlišují tropismy od nastií?
23. Co jsou hygroskopické pohyby a co hydrotropismus?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

24. Sušina je ponejvíce tvořena látkami ……. a z menší části látkami ……
25. Nositelkou o všech fyziologických a morfologických vlastnostech organismů je …… Na přenosu genetických informací se podílejí také ……
26. Energie zachycená …… je postupně předávána ……, který uvolní energeticky bohatý ……
27. Ve světelné fázi fotosyntézy dochází jednak k ……, jednak ke tvorbě …… a jako produkt fotolýzy vody vzniká ……, nepostradatelný pro veškerý život na Zemi.
28. Fotosyntéza je jediný děj na Zemi produkující ……
29. Zelené rostliny jsou organismy ……, protože uhlík potřebný k syntéze asimilátů získávají z …… a energii potřebnou k těmto syntézám dodávají…… viditelné části slunečního záření.
30. Zatímco při fotosyntéze dochází k …… oxidu uhličitého na asimiláty za spotřeby energie, při dýchání dochází k …… asimilátů na …… za uvolnění energie.
31. První část dýchání *(glykolýza)* probíhá za …… podmínek a jejím konečným produktem je ……, druhá část zahrnující …… a …… probíhá za …… podmínek.
32. Fotosyntéza zelených rostlin se uskutečňuje v ……, dýchání probíhá v ……, které jsou energetickým centrem v buňce.
33. Nezbytnost a význam jednotlivých prvků pro život rostlin zjišťujeme jejich pěstováním v ……
34. Vzájemná ovlivňování všech částí rostlinného těla se nazývají ……
35. Rostlinné explantáty jsou …… pěstované ze sterilních podmínek na ……
36. Biochemické změny, kterými musí rostlina projít, aby mohla přejít z fáze růstové do fáze rozmnožovací, označujeme jako ……
37. Aby mohly dlouhodenní rostliny přejít do květu, musí být vystavěny po určitou dobu účinku ……
38. Roubování a očkování jsou praktické příklady …… rozmnožování rostlin.

✓ *Test*

39. **Makrobiogenním prvkem *není*:**
    a) vodík
    b) vápník
    c) bor
    d) dusík

40. **Mezi asimilační barviva patří:**
    1 – chlorofyly
    2 – antokyany
    3 – karotenoidy
    4 – xantofyly
    a) platí všechna tvrzení
    b) platí pouze 1
    c) platí 1, 2, 3
    d) platí 1, 3, 4

41. **Chlorofyly a** a **b absorbují fotony viditelné části slunečního spektra:**
    a) především v jeho žluté části
    b) v modrofialové a červené části
    c) pouze v červené části
    d) pouze v zelené části

42. **V temnostní fázi fotosyntézy dochází k:**
    a) redukci oxidu uhličitého
    b) vzniku molekul ATP
    c) fotolýze vody
    d) oxidaci oxidu uhličitého

43. **K tvorbě molekul ATP dochází v:**
    1 – procesu anaerobní glykolýzy
    2 – Krebsově cyklu
    3 – Calvinově cyklu
    4 – dýchacím řetězci
    a) platí pouze 4
    b) platí 2, 4
    c) platí 1, 3
    d) platí 1, 4

44. **Kvašení *(fermentace)* se uskutečňují:**
    1 – za přístupu vzduchu
    2 – za nepřítomnosti vzduchu
    3 – v mitochondriích
    4 – v cytoplazmě
    a) platí 2, 3
    b) platí 2, 4
    c) platí 1, 3
    d) platí pouze 2

45. **Ve vzduchu nasyceném vodními parami:**
1 – jsou průduchy otevřené
2 – jsou průduchy uzavřené
3 – proniká do pletiv listů hodně oxidu uhličitého
4 – proniká do pletiv listů málo oxidu uhličitého
Platí tvrzení: a) pouze 1
b) pouze 2
c) 1, 3
d) 2, 4

46. **Příjem vody kořeny rostlin:**
1 – probíhá většinou pasívně *(difuzí)*
2 – probíhá většinou aktivně *(aktivním transportem)*
3 – je větší v prokysličených půdách
4 – je menší v prokysličených půdách
Platí tvrzení: a) 1, 3
b) 2, 3
c) 1, 4
d) 2, 4

47. **Mezi inhibitory rostlinného růstu patří:**
1 – cytokininy
2 – kyselina abscisová
3 – auxiny ve vyšších koncentracích
4 – giberelíny
Správná zvrzení: a) pouze 2
b) 2, 4
c) 2, 3
d) 1, 2

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
48. Chloroplasty obsahují vedle chlorofylu také antokyany.	○	❑
49. Kyslík při fotosyntéze vzniká z oxidu uhličitého.	○	❑
50. Nacházejí-li se buňky v prostředí obsahujícím kyslík, nemůže v nich probíhat anaerobní glykolýza.	○	❑
51. Kvašení *(fermentace)* probíhají za nepřístupu vzduchu *(kyslíku)*.	○	❑
52. Uvolnění energie ze složitých molekul asimilátů je spojeno s jejich redukcemi.	○	❑
53. Hlavní silou umožňující pohyb vody v cévách je transpirační sání.	○	❑
54. Oddenek je přeměněný kořen.	○	❑
55. K etiolizaci dochází u nadměrně osvětlených rostlin.	○	❑
56. Ve stadiu jarovizace je rozhodujícím faktorem teplota.	○	❑
57. Dvouleté rostliny během svého života dvakrát vykvetou.	○	❑
58. Auxin proudí ve stonku od vrcholu do spodních částí.	○	❑

Praktická cvičení

7. Důkaz bílkovin v rostlinném těle

✓ *Teorie*

Společným znakem všech organismů je skutečnost, že jsou tvořeny stejnými chemickými látkami. Život ve všech svých formách je vázán na existenci bílkovin. Jsou základní stavební složkou buněčných struktur, jsou podstatou biokatalyzátorů *(enzymů)*, a ovlivňují proto buněčný metabolismus.

Základními stavebními jednotkami bílkovin jsou aminokyseliny. Pro všechny organismy je potom sjednocujícím znakem skutečnost, že z velkého množství známých aminokyselin se v jejich bílkovinách vyskytuje 20 stejných bílkovin označovaných jako proteinogenní aminokyseliny. Aminokyseliny jsou v bílkovinách vázány peptidickými vazbami.

✓ *Materiál a pomůcky*

Semena hrachu *(Pisum sativum)*, hlíza bramboru *(Solanum tuberosum)*, menší listy pelargonie *(Pelargonium sp.)*, mlýnek na kávu nebo hmoždíř, sítko, kádinky, nálevka, filtrační papír, 2% KOH, kyselina octová *(1 : 3)*, 20% KOH, 1% roztok $CuSO_4$, konc. HNO_3, Petriho miska, HNO_3 *(1 : 2)*, amoniak zředěný *(1 : 2)*, kahan nebo vařič.

A. DŮKAZ BÍLKOVIN V SEMENECH HRACHU

✓ *Postup*

Asi 5 g semen rozemelte nebo rozdrťte a v třecí misce rozetřete na moučku. Hrachovou moučku zalejte 50 ml vody a 5 ml 2% roztoku KOH. Asi po hodině zfiltrujte. Filtrát uchovejte.

B. DŮKAZ BÍLKOVIN V HLÍZÁCH BRAMBORU

✓ *Postup*

Oloupaný syrový brambor nastrouhejte a rozetřete v třecí misce. Kašovitou hmotu vložte do hadříku a stočením vylisujte kalnou šťávu. Šťávu zfiltrujte. Filtrát uchovejte.

Společné zkoušky na vlastnosti bílkovin:

a) Odlejte asi 4 ml každého z připravených filtrátů do zkumavky a povařte.
b) Odlejte z každého filtrátu asi po 4 ml do dvou zkumavek. Do prvních dvou přikapávejte zředěnou kyselinu octovou, do druhých dvou přilejte malá množství 96% ethanolu.

Pozorování a změny pečlivě zaznamenejte.

Barevné reakce na důkaz bílkovin:

c) Odlejte z každého filtrátu opět asi 4 ml do dvou zkumavek.

Biuretová reakce

Do prvních dvou zkumavek s filtráty přilejte stejný objem 20% KOH a opatrně po kapkách roztok $CuSO_4$. Modrofialové zbarvení roztoku je důkazem bílkovin.

Xantoproteinová reakce

Do druhých dvou zkumavek přilejte asi 6 ml koncentrované HNO_3 a opatrně zahřejte. Vznik žlutého zbarvení či žluté sraženiny je důkazem bílkovin. Zkumavky ochlaďte a jejich obsah zneutralizujte opatrně zředěným roztokem hydroxidu amonného. Žlutá barva přejde v oranžovou.

C. DŮKAZ BÍLKOVIN V PLETIVECH LISTU

Menší list pelargonie vložte asi na jednu minutu do vařící vody. Potom vložte list do kádinky *(jejíž dno má větší průměr než list pelargonie)* s ethanolem a zahřívejte ve vodní lázni *(ve větší kádince s vodou, kterou jste uvedli k varu předtím na vařiči a z vařiče odstavili. Pozor, pracujete s hořlavou látkou!)*. Když se list odbarví, slejte ethanol do láhve a do kádinky na list nalejte zředěnou HNO_3. Kyselinu nechte působit asi půl hodiny a pak list přeneste do Petriho misky se zř. amoniakem. Po 10 minutách ho vyjměte. Žluté zbarvení listu *(xantoproteinová reakce)* je důkazem bílkovin.

8. Důkaz a reakce sacharidů

✓ *Teorie*

Sacharidy jsou jednak základními stavebními látkami buněčných stěn *(celulóza)*, ale také látkami zásobními *(škrob)* a také látkami, které se zúčastňují energetického metabolismu *(glukóza)*.

A. DŮKAZ REDUKUJÍCÍCH CUKRŮ

✓ *Materiál a pomůcky*

Kousek banánu, dužnina pomeranče, dřeň jablka apod., třecí miska, zkumavky, kahan, Fehlingovo činidlo I. a II.

Fehlingovo činidlo připravíme smíšením dvou roztoků:

Roztok I. : 4 g síranu měďnatého rozpustíme ve 100 ml dest. vody.

Roztok II. : 20 g vínanu sodno-draselného rozpustíme ve 100 ml dest. vody, v níž jsme předtím rozpustili 15 g hydroxidu sodného.

✓ *Postup*

Vybraný druh ovoce rozmačkejte v třecí misce s dest. vodou a kašovitou hmotu přefiltrujte. K několika ml filtrátu přidejte asi 4 ml Fehlingova činidla *(připravíte ho slitím 2 ml roztoku I. a 2 ml roztoku II.)*. Obsah zkumavky krátce povařte.

✓ *Pozorování*

Červenohnědé zbarvení roztoku je důkazem redukujícího sacharidu.

B. HYDROLÝZA SACHARÓZY *(cukru řepného)*

✓ *Teorie*

Sacharóza $C_{12}H_{22}O_{11}$ patří mezi neredukující cukry. V kyselém prostředí se molekulou vody rozštěpí *(kyselá hydrolýza)* na molekulu glukózy a molekulu fruktózy. Tyto dva monosacharidy patří mezi redukující cukry:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

✓ *Materiál a pomůcky*

Bulva cukrovky *(Beta vulgaris)*, *(provádíme-li pokus v době, kdy nemáme bulvu k dispozici, postačí kostka cukru)*, struhadlo, kádinky, teploměr, kvasnice – kvasinky pivní *(Saccharomyces cerevisiae)*, Fehlingovo činidlo, 10% roztok Na_2CO_3, univerzální indikátorové papírky, tyčinka.

✓ *Postup*

a) Asi 20 g nastrouhané bulvy cukrovky *(nebo 2 kostky cukru)* přelijte 200 ml horké destilované vody a nechte asi 5 minut vyluhovat. Slejte asi 4 ml tohoto výluhu do zkumavky a proveďte zkoušku s Fehlingovým činidlem.

✓ *Pozorování*

Barevná reakce se neprojeví - sacharóza není redukující cukr.

b) Znovu odlejte asi 4 ml výluhu do zkumavky, přidejte 4 ml zředěné HCl a zahřívejte ve vodní lázni *(v kádince s horkou vodou asi 15 minut při teplotě 70–80 °C)*. Obsah zkumavky ochlaďte ve studené vodě a zneutralizujte roztokem uhličitanu sodného za použití univerzálního indikátorového papírku. Přidejte 4 ml Fehlingova činidla a zahřejte.

✓ *Pozorování*

Barevná reakce je důkazem, že proběhla hydrolýza sacharózy na redukující cukry.

✓ *Teorie*

Stejný výsledek způsobí i enzym *sacharáza*, produkovaný např. pivními kvasinkami.

c) K asi 10 ml vlažného výluhu přidejte kousek kvasnic velikosti třešňové pecky. Tyčinkou rozmíchejte na mléčnou suspenzi. Po 10 minutovém působení proveďte s polovinou tohoto roztoku Fehlingovu zkoušku.

✓ *Pozorování*

Barevná reakce je potvrzením enzymatického štěpení sacharózy.

9. Škrob a celulóza

✓ *Teorie*

Glukóza vznikající při fotosyntéze v chloropastech je přeměněna na asilmilační škrob, který se shromažďuje v zásobních orgánech *(semenech, plodech, hlízách, oddencích)*. Chemicky je škrob polysacharid barvící se jodem modře.

Celulóza je rovněž polysacharid. Je hlavní stavební látkou buněčných stěn. Strukturou se odlišuje od škrobu a nebarví se jodem.

✓ *Materiál a pomůcky*

Semena hrachu *(Pisum sativum)* odrůdy s kulatými semeny a odrůdy se svraštělými semeny, hlíza bramboru, bramborový škrob, obilky kukuřice *(Zea mays)*, pšenice seté *(Triticum aestivum)*, rýže seté *(Oryza sativa)*, Lugolův roztok, skalpel, filtrační papír, vata, chlorzinkjod, potřeby k mikroskopování.
Lugolův roztok: 2 g jodidu draselného rozpustíme v 300 ml dest. vody, přidáme 5 g jodu a protřepáváme až do rozpuštění.

A. DŮKAZ ŠKROBU A CELULÓZY

✓ *Postup*

a) Do zkumavky nalejte asi 5 ml dest. vody a přidejte špetku bramborového škrobu. Krátce povařte a ochlaďte ve studené vodě. K chladnému roztoku škrobu přikápněte kapku Lugolova roztoku.

b) Rozřízněte bramborovou hlízu a na řeznou plochu přikápněte kapku Lugolova roztoku.

✓ *Pozorování*

Obsah zkumavky se zbarví modře a také místo na řezu hlízy, kam byl kápnut Lugolův roztok, je modře zbarveno.

B. POZOROVÁNÍ ŠKROBOVÝCH ZRN

✓ *Teorie*

Tvar zrnek zásobního škrobu je u různých rostlin různý a pro určitou rostlinu charakteristický.

✓ *Postup*

Den před pokusem:

a) Dejte nabobtnat obilky kukuřice, rýže a pšenice do vody.
b) Odpočítejte 10 semen kulatého hrachu, zvažte je a dejte do odměrného válce. Zalejte vodou do objemu 30 ml. Totéž proveďte s 10 semeny svraštělého hrachu.

Druhý den nejdříve slejte vodu nad semeny hrachu, přeneste je na filtrační papír a po osušení je znovu zvažte. U každé skupiny hrachu si zaznamenejte po každém vážení hmotnost.

Každou z obilek podélně rozřízněte a z řezných ploch seškrabte opatrně skalpelem do kapky vody moučnatého obsahu *(endospermu)* na podložním skle. Proveďte postupně u všech obilek. Čtvrté podložní sklíčko si na jednom konci označte písmenem K, na druhém konci písmenem S. Vedle označení nakápněte vodu a do kapek seškrábněte skalpelem z řezných ploch kulatého semene hrachu a svraštělého semene hrachu trochu moučnaté hmoty. Jednotlivé preparáty prohlížejte pod mikroskopem.

Na páté podložní sklíčko nakápněte vodu a rozmíchejte v ní trochu bramborového škrobu.

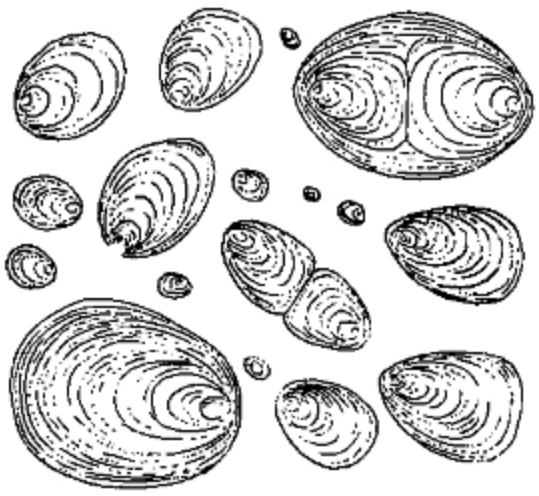
✓ *Pozorování*

Škrob pšeničný má škrobová zrnka čočkovitého tvaru a dvojí velikosti.

Škrob kukuřičný má zrnka nepravidelně mnohostranná s hvězdičkovitě rozeklanou dutinkou.

Škrob rýžový má zrnka složená ze dvou až z několika desítek jednoduchých drobných zrníček.

Porovnejte velikost škrobových zrn kulatého a svraštělého hrachu. Bramborový škrob má zrnka největší, lasturovitého tvaru a mimostředným vrstvením.



brambor

hrách

c) Vypočítejte % bobtnání svraštělých a kulatých semen podle vzorce:

$$\% = \frac{\text{hmotnost nabobtnalých semen – hmotnost suchých semen}}{\text{hmotnost suchých semen}} \times 100$$

B. DŮKAZ CELULÓZY

Několik vláken vaty dejte do kapky chlorzinkjodu na podložním skle, připravte preparát a pozorujte.

✓ *Pozorování*

Bavlněné vlákno je šroubovitě stočené. Po celé délce vlákna vidíte dutinu se zbytky cytoplazmy. Při silném zvětšení pozorujete na povrchu jemně zvrásněnou kutikulu.

10. Asimilační barviva

✓ *Teorie*

Zásadní význam pro fotosyntézu má chlorofyl obsažený v chloroplastech. Je nejčastěji směsí modrozeleného chlorofylu **a** a žlutozeleného chlorofylu **b** *(zelená vývojová větev)*, méně často směsí chlorofylu **a** a chlorofylu **c** *(hnědé řasy)*, nebo směsí chlorofylu **a** a chlorofylu **d** *(ruduchy)*. Kromě chlorofylů jsou v chloroplastech přítomna ještě další barviva rozpustná v tucích *(lipochromy)* – žluté xantofyly a červené karotenoidy.

✓ *Materiál a pomůcky*

Listy kopřivy *(Urtica sp.)* nebo špenátu *(Spinacia sp.)*, lze použít i mražený, případně purpurově zbarvené listy buku obecného *(Fagus sylvatica)* nebo listy červené řepy, v zimě též listy pelargonie *(Pelargonium sp.)* nebo břečťanu *(Hedera helix)*, třecí miska, Petriho miska *(o průměru 5 cm)*, Petriho miska *(o průměru 10 cm)*, kónická baňka 250 ml, nálevka, filtrační papír obyčejný a chromatografický, práškový $CaCO_3$, jemný křemenný písek, 96% ethanol, benzin *(petrolether)*.

✓ *Postup*

Asi 10 g listů rozstříhejte na malé kousky, vložte do kádinky, přidejte asi $^1/_2$ malé chemické lžíce práškového uhličitanu vápenatého a přelijte vařící vodou. Vodu slejte a spařené listy rozetřete ve třecí misce s křemenným pískem na jemnou kaši. Přilejte asi 40 ml ethanolu a znovu roztírejte, až se ethanol zbarví temně zeleně. Extrakt přefiltrujte do větší zkumavky. Pozorujte tento roztok v dopadajícím světle *(roztok se jeví červený)* a v procházejícím světle *(jeví se smaragdově zelený)*. Tento jev se nazývá fluorescence.

a) Do čisté suché zkumavky odlejte asi 3 ml extraktu, přikápněte 3 kapky dest. vody, přilejte asi 6 ml benzinu, uzavřete zkumavku pryžovou zátkou, protřepejte a nechte ustát.

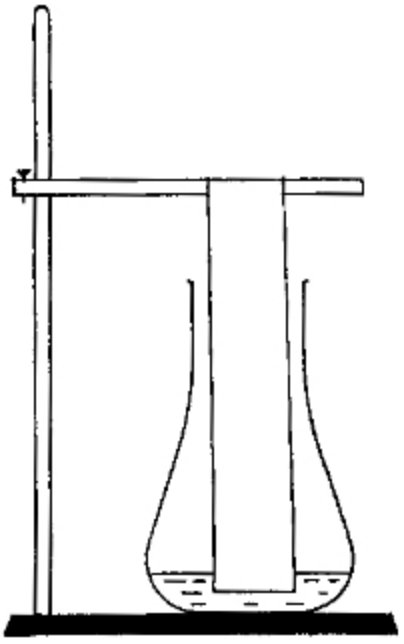
✓ *Pozorování*

Obsah zkumavky se rozdělí na dvě vrstvy: svrchní benzinovou, zbarvenou zeleně, a spodní alkoholovou, zbarvenou žlutě xantofyly.

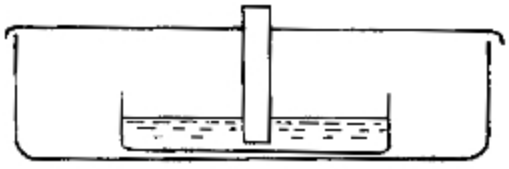
b) Pruh chromatografického papíru široký asi 3 cm a dlouhý 15–20 cm upevněte v drapáku chemického stojanu. Asi 15 ml alkoholového extraktu nalejte do čisté, suché kónické baňky a zavěšený pruh chromatografického papíru do něj ponořte spodním okrajem. Okraje papíru se nesmí nikde dotýkat zúženého hrdla baňky.

✓ *Pozorování*

Na pruhu papíru se objeví barevná pásma v pořadí: tmavozelené, žlutozelené *(pokud jste použili purpurově zbarvené listy buku či listy červené řepy, též fialové – pásmo antokyanů, které nejsou asimilačními barvivy)*.



Uspořádání vzestupné chromatografie



Uspořádání kruhové chromatografie

c) Rozdělení barviv můžete provést kruhovou chromtografií. Do Petriho misky o průměru 10 cm vložte menší Petriho misku o průměru 5 cm, do níž jste nalili alkoholový extrakt barviv. Překryjte větší Petriho misku kruhem chromatografického papíru. Jeho střed propíchněte hrotem obyčejné tužky a vzniklým otvorem o průměru asi 3 mm prostrčte proužek svinutého chromatografického papíru, který bude jen nepatně převyšovat výšku Petriho misky a svým spodním okrajem bude zasahovat do extraktu barviv *(viz obr.)*.

✓ *Pozorování*

Barevná pásma se objeví v kruhových obrysech na kruhové ploše chromatografického papíru.

11. Stanovení osmotické hodnoty rostlinné buňky

✓ *Teorie*

V buněčné šťávě vakuoly je obsaženo určité množství rozpuštěných látek, což se projevuje určitou osmotickou hodnotou. Nachází-li se buňka v prostředí s vyšší koncentrací rozpuštěných látek *(s vyšší osmotickou hodnotou)* – v **hypertonickém prostředí**, přecházejí molekuly vody z vakuoly tonoplastem cytoplazmou a cytoplazmatickou membránou do tohoto prostředí. Vakuola zmenšuje svůj objem a protoplast se odtahuje od buněčné stěny – probíhá **plazmolýza**. Umístíme-li takovou buňku do prostředí s nižší koncentrací rozpuštěných látek *(hypotonického prostředí)*, molekuly vody se pohybují opačným směrem, cytoplazma se vrátí zpět k buněčné stěně – probíhá **deplazmolýza**.

✓ *Materiál a pomůcky*

Lístky mechu měříku *(Mnium sp.)* nebo pokožka z vnitřní strany dužnatých listů *(suknice)* cibule *(nejlépe odrůdy Carmen s antokyany ve vakuolách)*, 6 malých Petriho misek, dvě byrety, roztok NaCl o koncentraci 2 mol.dm^{-3}, destilovaná voda, potřeby k mikroskopování.

A. PLAZMOLÝZA A DEPLAZMOLÝZA

✓ *Postup*

Zhotovte preparát z lístku mechu nebo z pokožky cibule, ale místo vody použijte 2M roztok NaCl.

✓ *Pozorování*

Protoplast v buňkách se odtáhl v rozích od buněčné stěny – proběhla plazmolýza.

✓ *Další pozorování*

Roztok chloridu sodného nahraďte *(několikerým prosátím destilované vody pod krycím sklíčkem s pomocí filtračního papíru)* a prohlédněte pod mikroskopem.

✓ *Pozorování*

Protoplast se znovu přitiskl k buněčné stěně – proběhla deplazmolýza.

B. OSMOTICKÁ HODNOTA BUŇKY

✓ *Postup*

Pomocí dvou byret si připravíme roztoky odstupňované koncentrace podle následující tabulky:

koncentrace NaCl mol.dm^{-3}	příprava		osmotická hodnota roztoku NaCl v MPa při teplotě 20 °C
	2M NaCl ml	dest. H_2O ml	
0,2	2,0	18,0	0,82
0,3	3,0	17,0	1,23
0,4	4,0	16,0	1,63
0,5	5,0	15,0	2,05
0,6	6,0	14,0	2,52
0,7	7,0	13,0	2,90

Kousky pokožky cibule nebo lístky mechu přeneste do označených Petriho misek s odstupňovanou koncentrací roztoku *(dbejte, aby byly dokonale ponořeny v roztocích)*. Asi po 10 minutách prohlížejte jednotlivé kousky pokožky nebo lístky pod mikroskopem, vždy v daném roztoku. Prohlížet začněte od roztoku nejvyšší koncentrace. Zjistěte, při jaké koncentraci NaCl se protoplast začíná v rozích buněk právě odchlipovat od buněčných stěn. To je roztok, který má přibližně stejný *(jen o málo vyšší)* osmotický tlak než je osmotický tlak buněčné šťávy. Pro zjištěnou koncentraci vyhledejte v tabulce osmotickou hodnotu buňky v MPa.

Poznámka: Můžete souběžně pracovat s buňkami pokožky cibule i lístky mechu.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

24. ústrojnými *(organickými)* – neústrojnými *(anorganickými)*
25. deoxyribonukleová kyselina – ribonukleové kyseliny
26. asimilačními barvivy – chlorofylu **a** – elektron
27. fotolýze vody – molekul ATP – kyslík
28. kyslík
29. fotoautotrofní – oxidu uhličitého – fotony
30. redukci – oxidaci – jednodušší látky *(oxid uhličitý a vodu)*
31. anaerobních podmínek – kyselina pyrohroznová – Krebsův cyklus – dýchací řetězec *(oxidativní fosforylaci)* – aerobních podmínek *(přítomnosti kyslíku)*
32. chloroplastech – mitochondriích
33. živných roztocích
34. korelace
35. buňky, části pletiva nebo orgánu – živných půdách
36. stadijní vývoj
37. dlouhého dne
38. vegetativního

Výsledky testu:

39c; 40d; 41b; 42a; 43d; 44b; 45c; 46a; 47c

Správná tvrzení:

48 ne; 49 ne; 50 ne; 51 ano; 52 ne; 53 ano; 54 ne; 55 ne; 56 ano; 57 ne; 58 ano

NIŽŠÍ A VYŠŠÍ ROSTLINY

(str. 44–57, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

stélka	rodozměna izomorfní	prokel
izogamety	rodozměna heteromorfní	nucellus
anizogamety	pelikula	vajíčko
izogamie	kolonie	buňka vaječná
anizogamie	cenobium	buňka spermatická
oogamie	kormus	spermie
zoospora	prýt	plodolist
aplanospora	pelatka *(anteridium)*	endosperm
sporofyt	zárodečník *(archegonium)*	perisperm
rodozměna *(metageneze)*	hyalocysta	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1 Stručně a výstižně charakterizujte typy stélek.
2. Která kombinace chlorofylů se ukázala z vývojového hlediska jako nejvýhodnější?
3. Jakými způsoby se rozmnožují řasy?
4. Uveďte vlastnosti, kterými se ruduchy výrazně odlišují od ostatních oddělení nižších rostlin.
5. Co je rodozměna *(metageneze)*?
6. Které řasy bývají převládající složkou ve sladkých vodách a v půdě?
7. Jaký je rozdíl mezi kolonií jedinců a cenobiem?
8. Popište stručně pravděpodobný vývoj *(evoluci)* vyšších rostlin.
9. Čím se zásadně odlišují mechorosty od ostatních oddělení vyšších rostlin?
10. Popište individuální vývoj mechů.
11. V čem spatřujete nezastupitelný význam mechorostů v přírodě?
12. Čím se odlišují přesličky od ostatních kapraďorostů?
13. Která oddělení tvoří skupinu nahosemenných rostlin?
14. Jak proběhl pravděpodobně vývoj *(evoluce)* nahosemenných?
15. Popište zrání vajíčka jehličnanů.
16. Jak dochází k opylení a oplození u jehličnanů?
17. Popište zrání vajíčka krytosemenných rostlin.
18. Jak probíhá opylení a oplození u krytosemenných? Čím se odlišuje od nahosemenných?
19. Uveďte alespoň čtyři znaky, které u krytosemenných rostlin považujeme za vývojově starší *(původnější)*.
20. Podle jakých znaků poznáte bezpečně jednoděložnou rostlinu?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

21. Tělo nižších rostlin je ……, která neobsahuje ……
22. Za nejjednodušší typ stélky je považována ……
23. V individuálním vývoji mnohých řas se vyskytuje ……, což je pravidelné střídání pohlavní generace – …… s nepohlavní generací – …… Gametofyt přitom převažuje nad ……
24. Pohyblivé gamety, které se liší velikostí, jsou …… nepohyblivá samičí gameta setrvávající v gametofytu je ……
25. Buněčné stěny ruduch tvoří …… a jen z menší části ……
26. Ruduchy představují izolovanou vývojovou větev, postrádající …… stadia.

27. Soubory buněk, patřících k jedné nebo k několika generacím, držících pohromadě slizovými obaly se nazývají ……
28. Jako uzavřená mitóza se označuje buněčné dělení, v jehož průběhu nedochází ……
29. Chlorokokální řasy bývají převládající složkou …… a společně s vodními květy sinic jsou hlavními producenty …… ve vodních nádržích.
30. Tělo vyšších rostlin se nazývá ……
31. Ryniofyty byly rozšířeny na Zemi v období …… Neměly ještě pravé listy a jejich zploštělé koncové části se nazývají ……
32. V individuálním vývoji mechorostů převažuje …… nad ……
33. Lístky rašeliníku obsahují kromě protáhlých buněk s chloroplasty též ……, což jsou odumřelé buňky s otvory ve stěnách.
34. Výtrusy přesliček jsou opatřeny ……, které se při změně vlhkosti vzájemně proplétají a vytvářejí shluky roznášené větrem.
35. Společným znakem kapraďorostů je …… rodozměna, při níž se …… svým tvarem a velikostí odlišuje od ……
36. Nahosemenné mají ve svém druhotném dřevě ……, rozvádějící vodu s rozpuštěnými neústrojnými látkami.
37. Pylová zrna představují …… Vznikají …… dělením diploidních mateřských buněk v prašných pouzdrech.
38. U jehličnanů oplozením vaječné buňky v zárodečníku vznikne ……, která se dále přemění na ……. s větším počtem ……
39. Oplození u krytosemenných rostlin je ……, jedna spermatická buňka splyne s vaječnou buňkou za vzniku …… druhá spermatická buňka splyne se ……
40. U krytosemenných rostlin je svrchní postavení semeníku na květním lůžku znak …… než postavení polospodní či spodní.

✓ *Test*

41. **Kombinace chlorofylu** a **a chlorofylu** d **je typická pro:**
    a) ruduchy
    b) krásnoočka
    c) hnědé řasy
    d) zelené řasy

42. **Spory řas:**
    1 – dávají vznik sporofyru
    2 – dávají vznik gametofytu
    3 – jsou diploidní
    4 – jsou haploidní
    Platí tvrzení:
    a) 1, 3
    b) 2, 4
    c) 2, 3
    d) 1, 4

43. **Mezi zelené řasy nepatří:**
    a) rozsivky
    b) zelenivky
    c) spájivky
    d) parožnatky

44. **Přechod rostlin z vodního prostředí na souš a jejich následné rozšíření byly umožněny především vytvořením:**
    a) parenchymu
    b) xylemu
    c) kolenchymu
    d) prosenchymu

45. **Sporofyt u rostlin vzniká:**
    a) mitózou haploidních buněk
    b) mitózou diploidních buněk
    c) meiózou
    d) splynutím dvou diploidních buněk

46. **Kapraďorosty jsou považovány za cévnaté rostliny nejméně přizpůsobené životu na souši. Která z jejich vlastností nejvíce podporuje tento názor?**
    a) převaha sporofytu nad gametofytem
    b) bičíkaté spermie
    c) přítomnost vodivých pletiv
    d) rozdíly mezi gametofytem a sporofytem

47. **Rostlina má 6 korunních lístků, 3 kališní lístky, 6 tyčinek a 9 vajíček v jednom semeníku. Kolik tvoří semen po oplození?**
    a) jedno
    b) tři
    c) šest
    d) devět

48. **Z uvedených rostlin patří mezi jednoděložné:**
1 – kopr vonný
2 – paprika setá
3 – česnek kuchyňský
4 – mák setý
5 – hluchavka bílá
6 – kukuřice
Platí tvrzení: a) 1, 3, 4
b) 3, 6
c) 2, 3, 5
d) 1, 2, 3, 6

49. **Květy vývojově mladších *(odvozenějších)* dvouděložných rostlin mají:**
a) větší, neurčitý počet květních částí
b) jeden semeník, vzniklý srůstem více plodolistů
c) oboupohlavné květy
d) svrchní semeník

50. **Přiřaďte k rostlině odpovídající plod:**

1 – jeřáb	A – nažka
2 – dub	B – měchýřek
3 – blatouch	C – tobolka
4 – mák	D – bobule

Správné pořadí: a) 1D 2A 3B 4C
b) 1A 2C 3B 4D
c) 1C 2B 2A 4D
d) 1B 2C 3D 4A

51. **Přítomnost alkaloidů je příznačná pro:**
a) bobotvaré
b) pryskyřníkotvaré
c) hvězdnicotvaré
d) růžotvaré

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
51. Pulzující vakuola se vyskytuje u vodních nižších rostlin s bičíkatou stélkou.	○	☐
52. Klíčením spory vzniká u řas sporofyt.	○	☐
53. Zygospora je rozmnožovací útvar u spájivek.	○	☐
54. Výsledkem přizpůsobení rostlin podmínkám souše je zárodek uzavřený v semeni.	○	☐
55. Součástí nepohlavní generace mechorostů je prvoklíček *(protonema)*.	○	☐
56. Tyčinka semenných rostlin představuje samčí výtrusný list.	○	☐
57. Vajíčko semenných rostlin představuje samičí výtrusnici.	○	☐
58. Předchůdci nahosemenných rostlin byly prvosemenné rostliny.	○	☐
59. Vývojově pokročilejším *(odvozenějším)* znakem krytosemenných rostlin jsou jednopohlavné květy.	○	☐

Praktická cvičení

12. Pozorování řasy šroubatky *(Spirogyra)* a rašeliníku *(Sphagnum)*

A. POZOROVÁNÍ ŠROUBATKY

✓ *Teorie*

Šroubatka patří mezi zelené řasy – spájivky. Je to vláknitá, mnohobuněčná řasa, vyskytující se při hladině v mělkých, stojatých nebo pomalu tekoucích vodách a v nádržích. V každé buňce má zpravidla jeden pentlicovitě stočený chloroplast.

Nepohlavně se rozmnožuje rozpadem vlákna *(stélky)* na jednobuněčné nebo vícebuněčné zlomky, jež dorůstají v nové jedince.

Pohlavně se rozmnožuje spájením *(konjugací)*. Přiblížením dvou různopohlavních vláken se mezi buňkami vytvoří konjugační kanálky, kterými se protoplasty z buněk jednoho vlákna přelejí do buněk druhého vlákna *(protoplasty vystupují jako gamety)*. Splynutím protoplastů vzniknou diploidní zygoty, které zahustí svůj obsah, vytvoří na svém povrchu tlustou stěnu a změní se na zygosporu. Zygospora po určité době klidu klíčí a první dělení jádra je meiotické.

✓ *Materiál a pomůcky*

Řasa šroubatka *(Spirogyra)*, Lugolův roztok, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

Přeneste několik vláken na podložní sklíčko a zhotovte preparát. Přikápněte a prosajte pomocí proužku filtračního papíru Lugolův roztok.

✓ *Pozorování*

Buňku vyplňuje šroubovitě stočený chloroplast. Pyrenoidy v chloroplastu jsou téměř černé. Uprostřed buňky je jádro obklopené tenkou vrstvou cytoplazmy, vybíhající několika provazci k okraji buňky.
Spájení můžete pozorovat u vláken z nádrží, kde voda postupně vysychá a část vláken se vlivem zhoršujících se podmínek rozpadá.

B. POZOROVÁNÍ VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ STAVBY RAŠELINÍKU

✓ *Teorie*

Rašeliník může pohltit velké množství vody. Tato schopnost je dána vnitřní stavbou lístků.

✓ *Materiál a pomůcky*

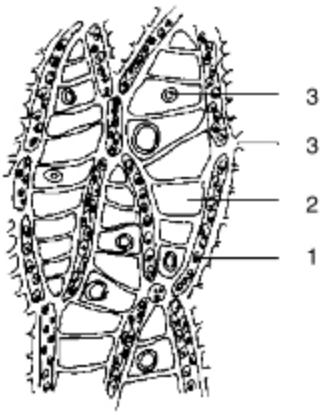
Rašeliník *(Sphagnum sp.)*, potřeby k mikroskopování, lupa.

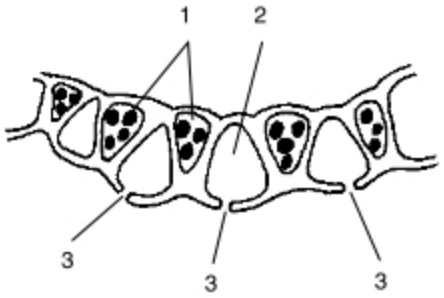
✓ *Postup*

Navlhčenou rostlinku rašeliníku nejdříve prohlédněte pod lupou. Odtrhněte jeden nebo dva lístky z lodyžky a zhotovte preparát.

✓ *Pozorování*

Při větším zvětšení pozorujete úzké buňky s chloroplasty *(chlorocysty)*, které tvoří síť kolem značně větších buněk *(hyalocysty)*, jejichž stěny jsou vyztuženy příčnými vzpěrami. Otvůrky v hyalocystách umožňují spojení s vnějším prostředím. Za sucha jsou hyalocysty vyplněné vzduchem, po deštích vodou.





Rašeliník *(list)*
a) – pohled shora, b) – pohled na řezu listem
1 – chlorocysta, 2 – hyalocysta, 3 – otvor v hyalocystě

13. Rozbor květu

A. ROZBOR VNĚJŠÍ STRANY KVĚTU TULIPÁNU

✓ *Materiál a pomůcky*

Polorozvitý květ tulipánu *(Tulipa sp.)*, pinzeta, žiletka, kružítko.

✓ *Pozorování*

Všimněte si nejdříve, že květ je paprsčitě souměrný *(lze ho podélně rozdělit třemi rovinami souměrnosti na shodné poloviny)*. Okvětí je tvořeno šesti tvarově stejnými okvětními lístky, vyrůstajícími z květního lůžka ve dvou kruzích *(přeslenech)* po třech. Lístky obou přeslenů se navzájem střídají. Podobně se střídají i tyčinky. Ve středu květu je jediný pestík se svrchním trojbokým semeníkem, velice krátkou čnělkou a trojlaločnou bliznou *(téměř přisedlou na semeník)*.

✓ *Další postup*

Na papír narýsujte pět soustředných kružnic a postupně k nim přidávejte odpreparované květní části. Nakonec rozřízněte příčně semeník v jeho střední části, seřízněte z něho úzký váleček a vložte ho do středu nejmenší kružnice. Takto rozložený květ je květním diagramem tulipánu, který si na vedlejší plochu papíru schematicky překreslete.

Květní vzorec tulipánu: * ☿ P3 + 3A3 + 3 G (3)

Květní diagram tulipánu

B. ROZBOR KVĚTENSTVÍ A KVĚTU PRVOSENKY

✓ *Materiál a pomůcky*

Několik stvolů prvosenky jarní *(Primula veris)* zakončených květenstvím, žiletka, lupa, pinzeta.

✓ *Pozorování*

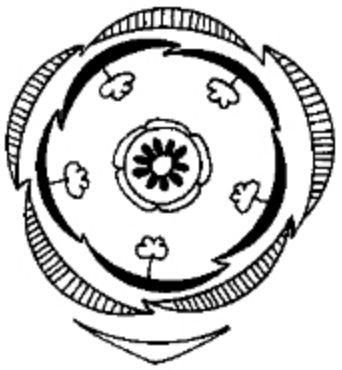
Nejprve si povšimněte, že stvol je ukončen jednostranně skloněným okolíkem stopkatých květů, jejichž listeny tvoří na bázi květních stopek obal. Každý květ má pětizubý kalich a pěticípou žlutou korunu s dlouhou korunní trubkou. V ústí korunní trubky pozorujete buď kulovitou bliznu, nebo prašníky pěti tyčinek.

Opatrně vytrhněte koruny ze dvou odlišných květů a podélně je žiletkou rozřízněte. Všimněte si umístění tyčinek v korunních trubkách. Buď jsou tyčinky nízko postavené a pestík má dlouhou čnělku, nebo jsou tyčinky vysoko postavené a pestík má krátkou čnělku. Jev se označuje jako různočnělečnost *(heterostylie)* a brání samoopylení.

✓ *Další postup*

Rozřízněte podélně trubkovitý kalich se semeníkem a pomocí lupy sledujte umístění vajíček na středním sloupku. Semeník je svrchní a vznikl srůstem pěti plodolistů. Plodem je jednopouzdrá, mnohosemenná tobolka.

Květní vzorec prvosenky: * ☿ K(5) [C(5) A5] G (5)



Květní diagram prvosenky

C. ROZBOR STAVBY KVĚTU JAHODNÍKU

✓ *Materiál a pomůcky*

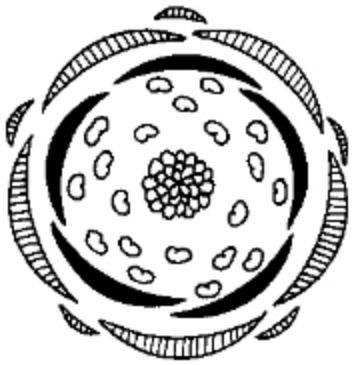
Květy planě rostoucího jahodníku *(Fragaria sp.)*, žiletka, pinzeta, lupa.

✓ *Pozorování*

Květ skládají pětičetné květní části. S pěti kališními lístky se střídá vně ještě jeden přeslen zelených lístků tvořících kalíšek. *(Lístky kalíšku vznikly srůstem dvou palistů sousedních kališních lístků.)*

Květ podélně rozřízněte. Všimněte si, jak na vyklenutém květním lůžku vyrůstají v přeslenech četné tyčinky a pestíky. Drobné pestíky obsahují v semeníku po jednom vajíčku. Po oplození se z každého pestíku vyvine jednosemenný plod – nažka. Květní lůžko zdužnatí a na jeho povrchu sedí nažky v podobě drobných zrnek *(souplodí nažek).*

Květní vzorec jahodníku: * ☿ k5 K5 C5 A ∞ G ∞



Květní diagram jahodníku

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

21. stélka – vodivé svazky cévní
22. stélka bičíkatá *(monadoidní)*
23. rodozměna *(metageneze)* – gametofytu – sporofytem – sporofytem
24. anizogamety – vaječná buňka *(oosféra)*
25. pektiny – celulóza
26. bičíkatá
27. kolonie
28. k rozpadu jaderné membrány
29. ve sladkých vodách a v půdě – organické hmoty
30. kormus
31. siluru a devonu – telomy
32. gametofyt – sporofytem
33. hyalocysty
34. vláhojevnými pentlicemi *(hapterami)*
35. heteromorfní – gametofyt – sporofytu
36. cévice *(tracheidy)*
37. samčí mikrospory – meiotickým
38. zygota – zárodek *(embryo)* – děloh
39. dvojité – zygoty – středovým jádrem zárodečného vaku
40. vývojově starší *(původnější)*

Výsledky testu:

41a; 42b; 43a; 44b; 45b; 46b; 47d; 48b; 49b; 50a; 51b

Správná tvrzení:

51 ano; 52 ne; 53 ano; 54 ano; 55 ne; 56 ano; 57 ano; 58 ano; 59 ano

HOUBY

(str. 57–63, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

hyfa	sporokarp	vřecko
podhoubí	pseudomycelium	basidiospora
reducent *(dekompozitor)*	konidie	soredie
plazmogamie	askogonium	mykorrhiza
karyogamie	askospora	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Stručně charakterizujte houby.
2. Jak pravděpodobně proběhl vývoj *(evoluce)* hub?
3. Pohovořte o významu hub v přírodě.
4. Kteří významní parazité kulturních rostlin patří do oddělení chytridiomycet?
5. Jak se nazývá původce úplavice včel *(nosematózy)*?
6. Proč se zygomycety nazývají také spájivkami?
7. Za jakých podmínek se rozmnožují kvasinky nepohlavně a za jakých pohlavně?
8. Charakterizujte vřeckovýtrusné houby.
9. Popište životní cyklus vřeckovýtrusné houby.
10. Uveďte příklady rostlinných parazitů ze třídy vřeckovýtrusných hub.
11. Charakterizujte stopkovýtrusné houby.
12. Popište životní cyklus stopkovýtrusné houby.
13. Pohovořte o významu stopkovýtrusných hub v přírodě a pro člověka.
14. Co jsou lišejníky?
15. Vysvětlete co je mykorrhiza a jaký má význam v přírodě.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

16. Soubor houbových vláken *(hyf)* tvoří ……
17. Stavební látkou buněčných stěn hub je ……, zásobními látkami jsou …… a ……
18. Houby mají v ekosystémech význam jako …… a podílejí se na tvorbě humusu.
19. V buňkách brukvovitých klíčních rostlin parazituje …… a způsobuje jejich „padání“.
20. Hmyzomorka včelí je původcem ……
21. Kropidlovec černavý roste na …… a je příčinou jejich ……
22. Kvasinky se v prostředí s dostatkem živin rozmnožují …… Jestliže se v prostředí zmenší množství živných látek, rozmnožují se kvasinky ……
23. Vřeckovýtrusné houby přetrvávají v substrátech jako …… s jednojadernými buňkami.
24. Basidie vytvářejí tenkou vrstvičku, která se nazývá …… Jsou umístěny buď v …… *(u hřibovitých)*, nebo na …… *(u lupenatých)* hub.
25. Četné druhy hub žijí v symbióze se sinicemi nebo …… a spolu dohromady tvoří ……
26. Zvláštní způsob soužití kořenů vyšších rostlin s podhoubím některých druhů hub je ……

✓ *Test*

27. **Zásobní látkou hub je:** a) chitin
b) glykogen
c) škrob
d) inulin

28. **Diploidními buňkami jsou u hub:**
a) konidie
b) endospory
c) zygospory
d) basidiospory

29. **Buňky hub mohou obsahovat:**
1 – vitaminy
2 – glykogen
3 – fykoerytrin
4 – chitin
a) platí pouze 2, 4
b) platí 1, 2, 4
c) platí 2, 3, 4
d) platí 1, 2, 3, 4

30. **Vřeckaté výtrusy *(askospory)* vznikají:**
a) pouze meiózou
b) odškrcováním z koncových vláken
c) meiózou a mitózou
d) pouze mitózou

31. **Kterým z uvedených způsobů se houby nevyživují:**
a) autotrofním
b) heterotrofním
c) parazitickým
d) saprofytickým

32. **Mezi vřeckovýtrusné houby nepatří:**
a) choroš
b) smrž
c) paličkovice nachová
d) padlí

33. **Mezi stopkovýtrusné houby patří:**
a) lanýž
b) smrž
c) ucháč obecný
d) hlíva ústřičná

34. **Námel vzniká:**
a) soužitím hub se zelenými řasami
b) přeměnou semeníku některých druhů lipnicových podhoubím paličkovice nachové
c) spojováním askogenních hyf
d) spájením fyziologicky rozlišených hyf

35. **Bičíkaté zoospory se vyskytují u:**
1 – vřeckovýtrusných hub
2 – chytridiomycet
3 – stopkovýtrusných hub
4 – kvasinek
Platí: a) 1, 4
b) pouze 2
c) 1, 2, 3
d) 2, 3, 4

36. **Každá z buněk tvořící třeň žampionu:**
a) je haploidní
b) obsahuje dvě izolovaná haploidní jádra
c) je diploidní
d) obsahuje dvě izolovaná diploidní jádra

37. **Mezi smrtelně jedovaté houby patří:**
a) vláknice začervenalá
b) choroš
c) čirůvka májovka
d) muchomůrka růžovka

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
38. Spory hub jsou diploidní.	○	❑
39. Houby se vyživují saprofyticky.	○	❑
40. Konidie jsou dvoujaderné.	○	❑
41. Askogenní hyfy jsou dvoujaderné.	○	❑
42. Sněti patří mezi zygomycety.	○	❑
43. Splývání jader se nazývá plazmogamií.	○	❑
44. Houby se podílejí na vzniku humusu.	○	❑
45. Významným parazitem ze skupiny vřeckovýtrusných hub je rez travní.	○	❑
46. Hlíva ústřičná je dřevokazná houba.	○	❑

Praktická cvičení

14. Pozorování kvasinek

✓ *Teorie*

Kvasinky jsou jednobuněčné houby. Rozmnožují se zpravidla nepohlavně pučením. Za určitých podmínek, zmenší-li se například obsah živných látek v prostředí, se rozmnožují pohlavně. V povědomí lidí jsou zapsány jako organismy způsobující alkoholové kvašení *(fermentaci)*. Fermentace probíhají bez přítomnosti kyslíku *(anaerobní děje)*.

✓ *Materiál a pomůcky*

Pekařské droždí *(asi 10 g)*, kostka nebo lžička cukru, 0,01% vodný roztok methylenové modři, *(použijte roztok starý 10 dní)*, kvasná zátka, kónická baňka *(250 ml)*, vata, vápenná voda, potřeby k mikroskopování.

Příprava vápenné vody: Do vody v kádince sypejte a rozmíchávejte CaO. Vzniklou suspenzi nechte několik hodin stát a nakonec zfiltrujte do dobře utěsněné reagenční láhve. Roztok musí být čirý.

✓ *Postup*

Do kónické baňky nalejte asi 100 ml vlažné vody a rozmíchejte v ní cukr a droždí. Ústí baňky uzavřete vatovým tamponem a suspenzi nechte několik minut stát.

A. VITÁLNÍ TEST

✓ *Teorie*

Vitální test je založen na poznání, že živé buňky mají biomembránu polopropustnou *(semipermeabilní)*, nepropouštějící barvivo vůbec nebo jen nepatrně. Odumřelé buňky mají membránu pro barvivo zcela propustnou *(permeabilní)*.

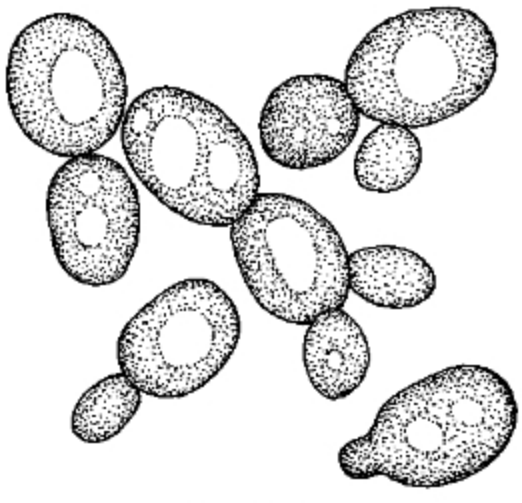
✓ *Postup*

Kapku suspenze droždí smísíme s kapkou methylenové modři na podložním skle a zhotovíme preparát.

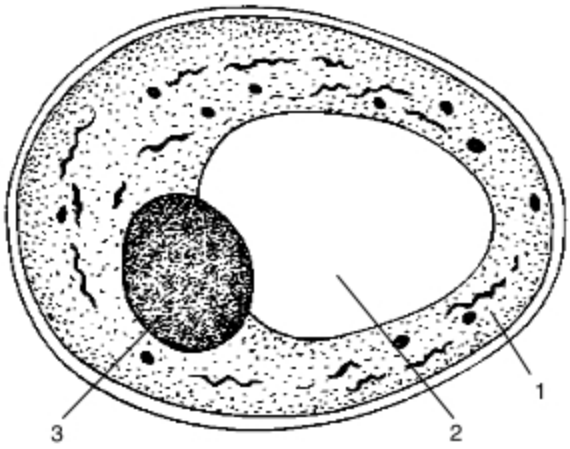
✓ *Pozorování*

Mrtvé buňky se barví intenzivně modře, živé jsou bledé. Při 600násobném zvětšení v nich pozorujeme vakuolu a jádro.

Poznámka: Připravíte-li si suspenzi kvasinek den předem, můžete v takové suspenzi pozorovat pučení kvasinek. Pučením vznikají řetízky buněk – nepravá podhoubí *(pseudomycelia)*.



Kvasinky *(1000x)*



Kvasinka
1 – cytoplazma, 2 – vakuola, 3 – jádro

B. ALKOHOLOVÉ KVAŠENÍ CUKRU

✓ *Teorie*

Kvasinky obsahují enzymy *(nazývané též zymáza)*, které zkvašují cukry na alkohol za nepřítomnosti kyslíku podle rovnice:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

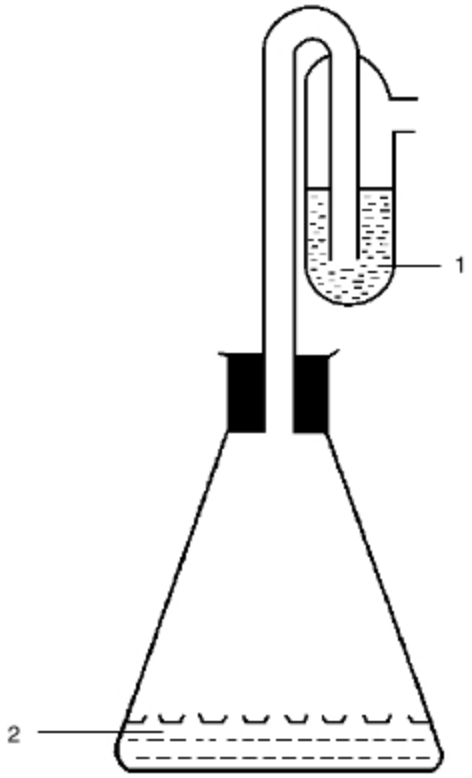
✓ *Postup*

Kónickou baňku se suspenzí kvasinek uzavřete vrtanou pryžovou zátkou s kvasnou zátkou, naplněnou vápennou vodou.

✓ *Pozorování*

Kvasnou zátkou probublává oxid uhličitý a za několik minut se vápenná voda začne mléčně kalit. Příčinou je vznikající nerozpustný uhličitan vápenatý:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$



1 – kvasná zátka s vápennou vodou
2 – suspenze kvasinek

15. Pozorování plísně hlavičkové, štětičkovce a kropidláku

A. POZOROVÁNÍ PLÍSNĚ HLAVIČKOVÉ *(Mucor mucedo)*

✓ *Teorie*

Plíseň hlavičková patří mezi houby spájivé. Vyskytuje se na špatně uskladněných potravinách. Pohlavně se rozmnožuje spájením různopohlavních hyf v substrátu. Výsledkem spájení je diploidní zygospora, která se uvolní od podhoubí jako samostatná částice, odolná nepříznivým podmínkám a zachovávající si dlouhodobou životaschopnost.

Nepohlavně se rozmnožuje pomocí výtrusů z výtrusnic, které vyrůstají na podhoubí rostoucím mimo substrát na vzduchu.

✓ *Materiál a pomůcky*

Vlhký chléb ve skleněné dóze nebo ethylenovém sáčku, volně uzavřeném *(nejlépe k němu přiložit navlhčený proužek filtračního papíru)*, potřeby k mikroskopování.

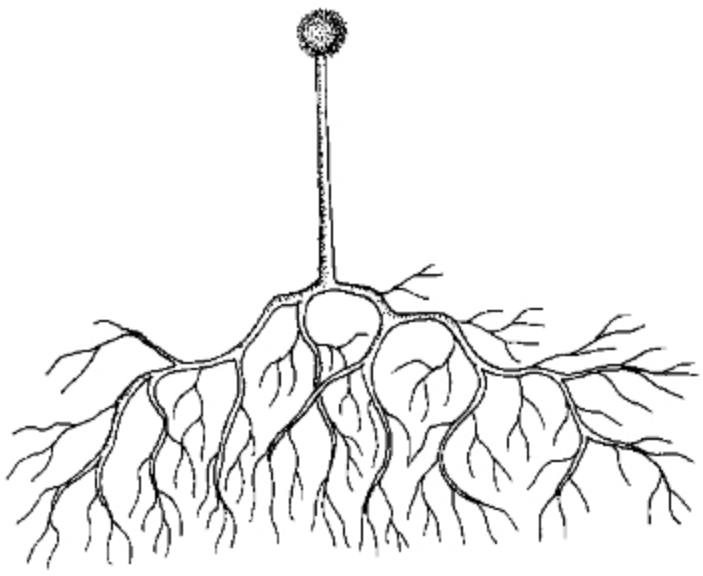
✓ *Postup*

Na navlhčeném chlebě se po několika dnech objeví stříbrošedá vlákna podhoubí, z nichž kolmo vzhůru vyrůstají nosiče výtrusnic, zakončené zprvu žlutavými, později téměř černými výtrusnicemi, viditelnými pouhým okem. Část podhoubí i s výtrusnicemi šetrně přeneste do kapky vody na podložním skle a připravte preparát.

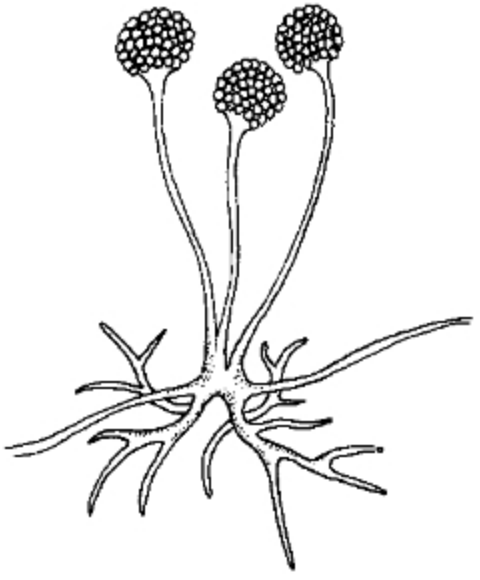
✓ *Pozorování*

Podhoubí je mnohojaderné, bez přehrádek. Výtrusnice jsou kulovité s jemně ostnitým povrchem, vyplněné jednobuněčnými výtrusy. Pokud výtrusnice praskne tlakem krycího skla, povšimněte si sloupku *(columela)*, čnícího do jejího nitra.

Poznámka: Místo plísně hlavičkové vyrůstá někdy **kropidlovec černavý** *(Rhizopus nigricans)*, jehož výtrusnice vyrůstají ve svazečcích po dvou až pěti a k podkladu jsou přirostlé svazečky rhizoidů.



Plíseň hlavičková



Kropidlovec černavý

B. POZOROVÁNÍ ŠTĚTIČKOVCE *(Penicillium)* A KROPIDLÁKU *(Aspergillus)*

✓ *Teorie*

Štětičkovec a kropidlák patří mezi houby vřeckovýtrusné, rozkládající organické zbytky. Rozmnožují se nepohlavně konidiemi, které jsou roznášeny vzdušným prouděním, což umožňuje jejich všeobecné rozšíření.

Povlaky těchto hub nacházíme na nejrůznějších potravinách, uskladněném ovoci, zelenině.

✓ *Materiál a pomůcky*

Podhoubí s konidiemi *(hledejte na „plesnivějících" citronech, zavařeninách)*, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

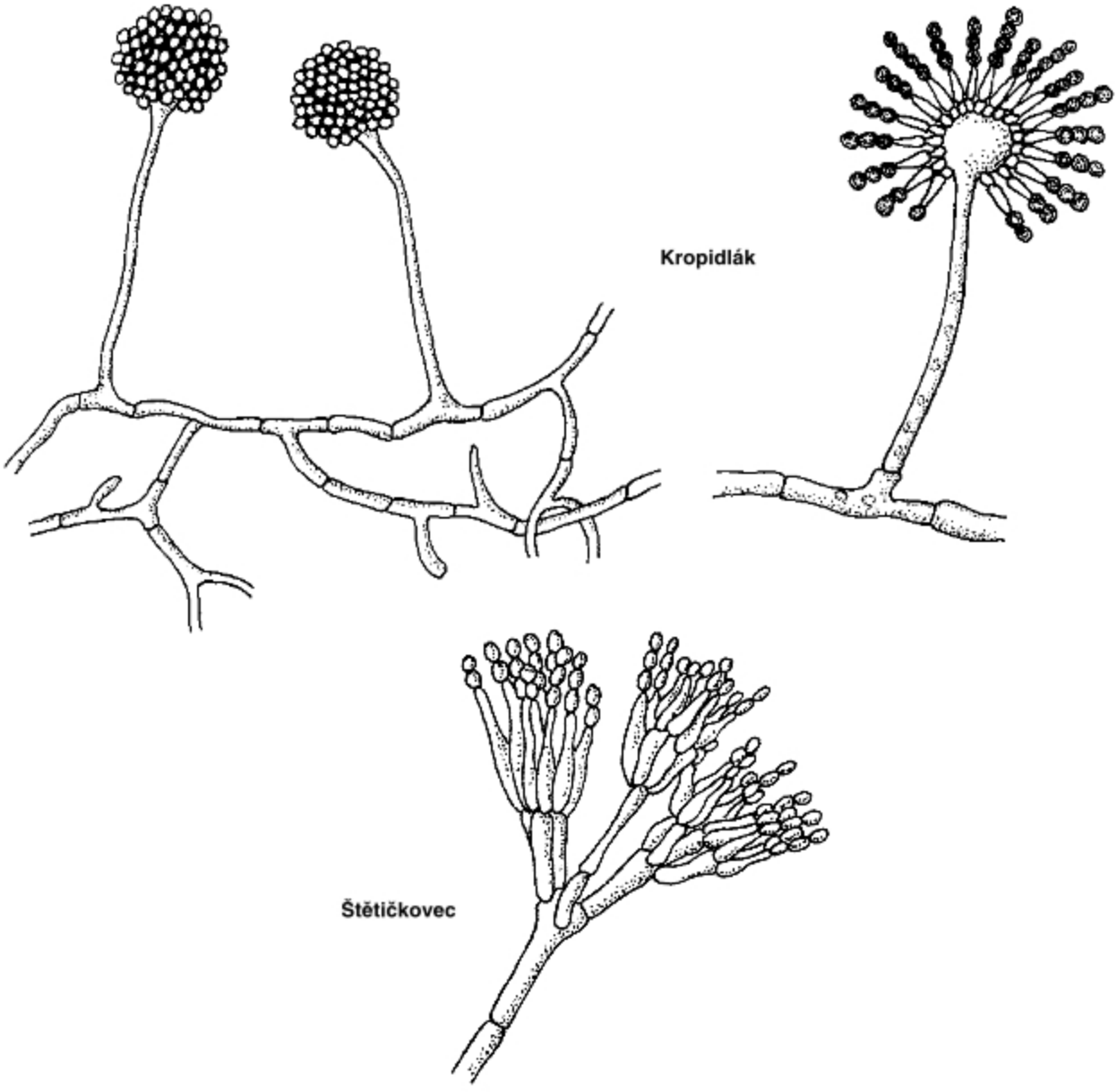
Pomocí preparačních jehel přeneste část podhoubí do kapky vody na podložním skle a zhotovte preparát.

✓ *Pozorování*

Podhoubí bývá různě zbarvené – žlutě, hnědozeleně, hnědomodře, nejčastěji však modrozeleně. Mnohobuněčná vlákna se větví v pravidelných intervalech. Jsou rozdělena přepážkami a jsou mnohojaderná.

U rodu kropidlák jsou konidie v jednočlenných až tříčlenných řetízcích na krátkých článcích, obklopujících paličkovitě se rozšiřující nosič.

U rodu štětičkovec se nosič štětičkovitě větví. Na koncových článcích jsou řetízky barevných konidií.



✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

16. podhoubí *(mycelium)*
17. chitin – glykogen – někdy též olej
18. dekompozitoři
19. lahvičkovka
20. úplavice včel *(nosematózy)*
21. špatně uskladněných potravinách – znehodnocení
22. nepohlavně pučením – pohlavně
23. haploidní podhoubí
24. výtrusorodé rouško *(hymenium)* – rourkách – lupenech
25. řasami – lišejníky
26. mykorrhiza

Výsledky testu:

27b; 28c; 29b; 30c; 31a; 32a; 33d; 34b; 35b; 36b; 37a

Správná tvrzení:

38 ne; 39 ano; 40 ne; 41 ano; 42 ne; 43 ne; 44 ano; 45 ne; 46 ano

EKOLOGIE ROSTLIN A HUB

(str. 64–70, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

ekologie	termofyty	alelopatie
biotop	psychrofyty	epifytismus
populace	detritus	rostlina poloparazitická
fytocenóza	edafon	fytoncidy
biocenóza	petrofyty	mutualismus
ekosystém	psamofyty	ruderální vegetace
biosféra	acidofyty	synantropní rostliny
ekologická valence	alkalofyty	ekoton
podmínky abiotické	halofobní rostliny	nika
podmínky biotické	halofytní rostliny	změny fenologické
bioindikátor	nitritační bakterie	ekologická sukcese
hydrofyty	nitratační bakterie	klimax
hygrofyty	denitrifikační bakterie	biom
mezofyty	amonizační bakterie	relikty
xerofyty	emise	endemité
heliofyty	společenstva nitrofilní	imise

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Co je biotop?
2. Definujte populaci.
3. Co udává ekologická valence?
4. Jaké jsou rostliny eurytermní?
5. Které rostliny jsou obecně považovány za bioindikátory?
6. Čím je podmíněn vegetační rytmus rostlin v podrostu?
7. Vyjmenujte vegetační stupně, vyskytující se na území ČR.
8. Jaký je rozdíl mezi hydrofyty a hygrofyty?
9. Které rostliny patří mezi petrofyty? Uveďte konkrétní příklad.
10. Na zasolených půdách se většině rostlin nedaří. Co je hlavní příčinou tohoto jevu?
11. Velký význam při pěstování rostlin mají proorávky a okopávky. Uveďte hlavní důvod těchto prací při pěstování rostlin.
12. Co je alelopatie a jaký má význam v přírodě?
13. Které rostliny obecně zahrnujeme do skupiny synantropních rostlin? Uveďte konkrétní příklady.
14. Co jsou ekotony?
15. Vysvětlete pojem ekologická sukcese. Co je jejím završením?
16. Vyjmenujte hlavní složky ekosystému.
17. Uveďte rozdíl mezi reliktem a endemitem.
18. Co jsou biomy?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

19. Každý jedinec má svůj životní prostor neboli ……, který mu poskytuje podmínky existence.
20. Organismy žijící společně ve vzájemných vztazích na určitém území tvoří ……

21. Rozmezí podmínek prostředí, jimž se může organismus přizpůsobit, udává …… organismu.
22. Jako bioindikátory prostředí jsou označovány organismy s ……
23. Sezónní změny v průniku slunečního záření stromovým patrem podmiňují …… vývoje rostlin v podrostu.
24. Vegetační stupeň bučin se nachází v nadmořské výšce do ……, stupeň smrčin mezi ……
25. Čerstvě odumřelé organické zbytky v půdě označujeme jako ……
26. Soubor půdních organismů označujeme jako …… Půdní organismy rozkládají detritus až na …… rozpustné ve vodě.
27. Jediným zdrojem uhlíku pro syntézu biomasy je ……
28. Denitrifikační bakterie svojí činností ochuzují půdu o část ……, neboť je přeměňují na ……, unikající do atmosféry.
29. Masožravé rostliny rostou na kyselých stanovištích v nízkým obsahem …… Tyto látky získávají rozkladem těl živočichů.
30. Soubor jedinců stejného druhu, rostoucích na určitém stanovišti v určitém čase, tvoří …… druhu.
31. Alelopatie je vzájemný vztah mezi populacemi, kdy jedna z nich je ovlivňována …… vylučovanými druhou populací. Ve většině případů působí tyto látky na vývoj sousední populace ……, zpomalují nebo zastavují její růst.
32. Soubor jedinců a populací rostlinných druhů rostoucích na určitém stanovišti, vzájemně se ovlivňujících tvoří …… neboli ……
33. Monocenózy jsou tvořeny jedinci …… Většina rostlinných společenstev jsou polycenózy, protože jsou tvořena ……
34. Prostor, který v ekosystému zaujímá určitý druh, se označuje jako ……
35. Ekologická sukcese je vývojový děj, který probíhá ve společenstvu na určitém stanovišti v časovém úseku ……
36. Rostliny mají v ekosystému postavení ……, neboť jsou základním zdrojem chemicky vázané energie a také primárním zdrojem …… hmoty.
37. Soubory ekosystémů navzájem blízkých strukturou a funkcemi, které se rozvinuly v určitých podmínkách prostředí, jsou ……
38. Některé původní druhy, které se vyskytují na místech, kde zůstaly zachovány původní podmínky, se označují jako ……
39. Druhy vyskytující se jen na určitém území a jinde se nevyskytující jsou ……

✓ *Test*

K uvedeným pojmům přiřaďte výroky *(č. 40 až 49)*, které je nejvýstižněji a nejpřesněji charakterizují:

a) populace
b) fytocenóza
c) euryekní rostliny
d) endemit
e) jarní aspekt
f) ekosystém
g) psychrofyty
h) detritus
i) klimax
k) xerofyty

40. Společenstvo rostlin v opadavém lese, které ukončuje svůj vegetační cyklus v době, než dojde k olistění stromů.
41. Rostliny s širokou ekologickou valencí k určité podmínce prostředí.
42. Rostliny rostoucí na půdách suchých nebo převážnou část roku suchých.
43. Organismy určitého druhu, žijící na určitém místě v určitém čase.
44. Druh vyskytující se jen na určitém území a jinde se nevyskytující.
45. Populace rostlin na určitém stanovišti v jejich vzájemných vztazích.
46. Nejstabilnější a nejkomplexnější společenstvo, které dospělo k rovnováze s podnebím a představující v daných podmínkách maximum možné biomasy.

47. Čerstvě odumřelé organické zbytky v substrátu.

48. Společenstvo se svým abiotickým prostředím. Jednotkou, v níž dochází ke koloběhu látek, toku energie a přenosu informací.

49. Rostliny snášejí nízké teploty prostředí.

50. **Plevelné rostliny rozšířené na skládkách a podél komunikací se označují jako:**
a) ruderální
b) synantropní
c) adventivní
d) epifytní

51. **Ekosystémy:**
1 – velmi rychle vznikají a zanikají
2 – procházejí vývojem
3 – mají schopnost sebeobnovování a samoregulace
4 – jsou stálé a neměnné
Správná tvrzení: a) 1, 4
b) 2, 3
c) 1, 3
d) pouze 2

52. **Mezi negativní vztahy mezi populacemi rostlin patří:** a) epifytismus
b) alelopatie
c) mykorrhiza
d) saprofytismus

53. **Z uvedených rostlin je indikátorem nedostatku dusíkatých látek v půdě *(substrátu)*:**
a) kopřiva
b) pýr plazivý
c) klikva
d) lebeda

54. **Nejčastěji se vyskytující rozmístění jedinců v populaci je:**
a) pravidelné
b) náhodné
c) v seskupeních
d) pravidelné v seskupeních

55. **Ekotony jsou:**
a) druhově chudá společenstva
b) uzavřená přírodní společenstva
c) umělá společenstva závislá na člověku
d) přechodná stanoviště mezi společenstvy

56. **Ekologická sukcese:**
a) vyjadřuje úspěch v konkurenčním boji populací
b) udává příznivé změny v hustotě populace
c) je vývoj společenstva v časovém úseku delším než jeden rok
d) jsou sezónní změny ve struktuře společenstva

57. **Plocha rozšíření určitého druhu, daná vývojem *(evolucí)* a současnými podmínkami se označuje jako:**
a) areál
b) stanoviště
c) biom
d) geografická oblast

58. **Který z ekosystémů je nejméně stabilní:**
a) africká savana
b) smrkový les pěstovaný ve středních výškových polohách
c) smíšený opadavý les rostoucí ve středních výškových polohách
d) tropický deštný les

59. **Přiřaďte k uvedeným pojmům jim odpovídající rostliny:**
1 – hydrofyt
2 – poloparazit
3 – masožravá rostlina
4 – heliofyt
A – rosnatka okrouhlolistá
B – stulík
C – koniklec luční
D – jmelí

Správná přiřazení: a) 1B 2A 3D 4C
b) 1C 2B 3A 4D
c) 1B 2D 3A 4C
d) 1D 2C 3B 4A

60. **Rozvrstvení rostlinných společenstev v nadzemním prostoru do pater je výsledkem konkurenčních vztahů o:**
a) oxid uhličitý
b) světlo
c) hmyzí opylovače
d) vodu

61. **Který z uvedených ekosystémů je umělý:**
a) nížinný smrkový les
b) rašeliniště
c) vrbo-topolový lužní les
d) dubo-habrový les

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
60. Jako bioindikátory se označují organismy s širokou ekologickou valencí.	○	❑
61. Letní aspekt je tvořen bylinami s velkými nároky na světelné záření.	○	❑
62. Jako xerofyty se označují rostliny rostoucí na suchých půdách nebo převážnou část roku suchých.	○	❑
63. Čerstvě odumřelé organické zbytky se nazývají detritus.	○	❑
64. Společenstva rostlin rostoucí na písčitých půdách se nazývají psamofyty.	○	❑
65. Nitrofobní společenstva rostlin rostou na půdách s vysokým obsahem dusíku.	○	❑
66. Epifytismus je druhem poloparazitismu.	○	❑
67. Alelopatie je typem konkurenčních vztahů mezi populacemi.	○	❑
68. Jako synantropní se označují rostliny žijící ve vzájemné symbióze.	○	❑
69. Rostliny neúmyslně zavlečené na jiné kontinenty dovozem zemědělských plodin se označují jako adventivní rostliny.	○	❑
70. Druhy vyskytující se jen v určitém území a jinde se nevyskytující se nazývají endemity.	○	❑
71. Území České republiky je součástí holarktické fytogeografické oblasti.	○	❑

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

19. biotop
20. biocenózu
21. ekologickou valenci
22. úzkou ekologickou valenci k určité podmínce prostředí
23. vegetační rytmus
24. 800 až 1100 m – 1000 až 1500 m
25. detritus
26. edafon – anorganické látky
27. oxid uhličitý
28. dusičnanů – plynný dusík
29. dusíkatých látek
30. populaci
31. chemickými látkami – inhibičně
32. rostlinné společenstvo – fytocenózu
33. jedné populace – jedinci více populací *(smíšené porosty)*
34. nika
35. delším než jeden rok
36. primárních producentů – organické
37. biomy
38. relikty
39. endemity

Výsledky testu:

40e; 41c; 42k; 43a; 44d; 45b; 46i; 47h; 48f; 49g; 50a; 51b; 52b; 53c; 54c; 55d; 56c; 57a; 58b; 59c; 60b; 61a

Správná tvrzení:

60 ne; 61 ne; 62 ano; 63 ano; 64 ano; 65 ne; 66 ne; 67 ano; 68 ne; 69 ano; 70 ano; 71 ano

CHROMISTA A PRVOCI

(str. 82–90, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

organela	mikronukleus	buněčná řiť
ektoplazma	stigma	bioindikátor
entoplazma	neuromotorický aparát	schizogonie
fagacytóza	kopulace	metageneze
vakuola – potravní	konjugace	sporogonie
– pulzující	buněčná ústa	pučení
makronukleus	buněčný hltan	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Jakým způsobem získali autortofní zástupci chromist chloroplasty?
2. Co je příčinou, že někdy voda ve vodárenských nádržích má nažloutlou barvu a zapáchá po rybím tuku?
3. Jaké typy organel prvoků znáte?
4. Pohovořte o významu prvoků v přírodě.
5. Jaká onemocnění zvířat a člověka způsobují prvoci?
6. Popište podle schématu v učebnici průběh konjugace.
7. Uveďte tři způsoby přenosu nákazy parazitickým prvokem.
8. Které skupiny prvoků mají horninotvorný význam?
9. Jaké znáte způsoby prevence *(nebo léčení)* nemocí způsobených parazitickými prvoky?
10. Některá krásnoočka se živí mixotrofně. Co to znamená?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

11. Chromofyta obsahují jako asimilační barviva …… a jako zásobní látky obsahují ……, nikoliv ……
12. Nádorovky se v hostitelských buňkách vyskytují ve formě …… označované jako paraplazmodium.
13. Rozpadem spor *(sporogonií)* vznikají …… stadia.
14. Schránky dírkonošců jsou obvykle ……
15. Infekční stadia kokcidií vznikají ……
16. Bachořci jsou symbiotičtí nálevníci trávící …… ve složeném žaludku přežvýkavců.
17. Mikronukleus nálevníků má funkci ……

✓ *Test*

18. **Mezi kořenonožce nepatří:**
    a) rozlitka
    b) slunivka
    c) slávinka
    d) štítovka

19. **Výchozím vývojovým typem všech skupin prvoků jsou:**
    a) kořenonožci
    b) předkové dnešních bičíkovců
    c) nálevníci
    d) výtrusovci

20. **Trichomoniáza je nemoc přenášená:**
    a) nakaženými králíky
    b) samičkami komárů
    c) mouchou tse-tse
    d) pohlavním stykem

21. **Dírkonošci:**
    a) žijí pouze ve sladkých vodách
    b) mají schránky tvořené oxidem křemičitým
    c) mají schránky tvořené uhličitanem vápenatým
    d) někteří jsou závažnými parazity ryb

22. **Chinin je alkaloid, užívaný v léčbě:**
    a) malárie
    b) kokcidiózy
    c) nosematózy
    d) úplavice

23. **Výtrusovci jsou:**
    a) ektoparazité
    b) autotrofní prvoci
    c) osmotrofní endoparazité
    d) výchozí článek potravního řetězce

24. **Stigma je světločivná organela:**
    a) kořenonožců
    b) obrněnek
    c) nálevníků
    d) výtrusovců

25. **Krásnoočka:**
    a) se vyživují pouze autotrofně
    b) se vyživují pouze mixotrofně
    c) všichni jejich zástupci mají stigmu
    d) žádné z výše uvedených tvrzení není správné

26. **Dvě pulzující vakuoly mají:**
    a) krvinkovky
    b) výtrusenky
    c) nálevníci
    d) bičíkovci

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
27. Lamblie střevní patří mezi měňavky.	❍	❑
28. Fagocytóza je způsob přijímání potravy měňavkami.	❍	❑
29. Za mezihostitele je považován ten druh organismu, v němž se parazit rozmnožuje nepohlavně.	❍	❑
30. Autotrofní druhy bičíkovců jsou schopné fotosyntézy.	❍	❑
31. Radiolariové bahno vzniká z odumřelých schránek dírkonošců.	❍	❑
32. Zdrojem masového šíření nosemové nákazy včel jsou zjara spory ve vodě napajedel.	❍	❑
33. Krvinkovky způsobující lidskou malárii jsou přenášeny samičkami komárů rodu Culex.	❍	❑

Praktická cvičení

16. Pozorování prvoků

✓ *Teorie*

Tělo prvoka je vždy tvořeno jedinou buňkou, která vykonává všechny životní funkce. Na bičíkovci, měňavce a nálevníkovi si ověříme princip jejich tělesné stavby a zajištění některých jejich životních funkcí *(např. pohyb, trávení, vylučování, rozmnožování atp.).*

A. POZOROVÁNÍ BIČÍKOVCŮ

K pozorováním a pokusům můžeme použít buď čisté bezbakteriální kultury prvoků *(možnost získání na odborných pracovištích – OHES, v nemocnicích, přírodovědných odděleních muzeí atp.)*, nebo si založíme kultury vlastní.

Krásnoočko zelené *(Euglena viridis)* se vyskytuje ve velkých množstvích v loužích v okolí hnojišť, kde jimi bývá voda zbarvena do zelena. Z čerstvě odebraného vzorku můžeme krásnoočka přenést přímo pipetou na podložní sklíčko a pozorovat. Pro pozdější využití *(příp. získání čisté kultury postupným přeočkováváním)* přeočkujeme přírodní kulturu do připraveného **živného roztoku**. *(Na dno zkumavky dáme kousek tvrdého sýra o velikosti 5 × 5 × 5 mm, převrstvíme 4 cm upěchované kompostové hlíny a 1 cm propraného říčního písku, do výše 3 cm pod okraj zkumavky doplníme vodou, zazátkujeme buničitým tamponem, dvakrát převaříme a necháme vychladnout. Asi po dvou dnech můžeme naočkovat kulturu krásnooček, která musí být nezbytně přechovávána přes den na rozptýleném denním světle. Přeočkováváme každých 14 dnů.)*

A. 1. POZOROVÁNÍ POHYBU KRÁSNOOČKA ZELENÉHO *(15 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

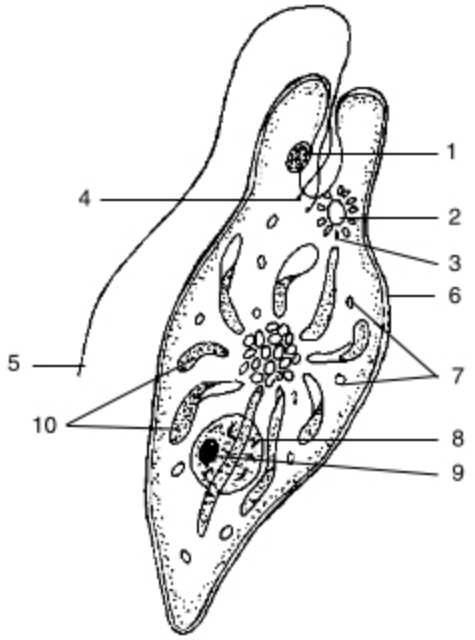
Kultura krásnoočka zeleného *(příp. krásnoočka štíhlého)*, živný roztok, potřeby pro mikroskopování, filtrační papír, vata, buničina, roztok želatiny *(1 g želatiny ve 100 g teplé vody, vychladnout)*, 1% Lugolův roztok *(1 g jódu, 2 g KI ve 300 ml dest. vody)*, tuš, 0,5% roztok methylenové zeleně *(0,1 g methylenové zeleně v 200 ml dest. vody okyselené 2 ml kys. octové).*

✓ *Postup*

Na podložní sklíčko kápněte kulturu krásnooček, dejte několik vláken vaty, jednu kapku roztoku želatiny, přikryjte krycím sklíčkem, odsajte nadbytečnou vodu a pozorujte pod mikroskopem *(jádro můžeme zvýraznit přikápnutím 0,5% roztoku methylenové zeleně, bičíky se vybarvují tmavohnědě Lugolovým roztokem).*

✓ *Pozorování*

Vidíme zpomalený charakteristický pohyb krásnoočka vodou *(zavrtávání bičíku do vodního prostředí, rotaci těla kolem podélné osy)*, příp. i metabolický pohyb *(částečné změny tvaru jejich těl).*



Krásnoočko zelené
1 – stigma, 2 – stažitelná vakuola,
3 – rezervoár stažitelné vakuoly, 4 – základní tělísko bičíku,
5 – bičík, 6 – pelikula, 7 – zrnka paramylonu, 8 – jádro,
9 – jadérko, 10 – chromatofory

A. 2. FOTOTAXE KRÁSNOOČKA ZELENÉHO *(asi 40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Kultura krásnooček ve zkumavce, stojan na zkumavky, staniol.

✓ *Postup*

Zkumavku s kulturou krásnooček postavíme do stojanu u zdroje rozptýleného denního světla. Větší část zkumavky zabalíme do staniolu.

✓ *Pozorování*

Odstraníme-li asi po půlhodině staniol, vidíme, že krásnoočka se soustředila do nezastíněné části zkumavky *(pozitivní fototaxe – pohyb směrem ke světelnému zdroji. PROČ?).*

B. POZOROVÁNÍ MĚŇAVEK

Měňavky můžeme rovněž získat v čisté kultuře nebo odběrem části substrátu dna zanedbaného akvária, příp. kousku bahna v tůňce se zahnívající vodou. Vyskytují se rovněž ve směsných kulturách v nálevech. Můžeme je získat i vyluhováním kusu mechu. Živným roztokem pro měňavky je **půdní odvar** *(stejné množství kompostové hlíny a vody povaříme asi hodinu, necháme vychladnout a asi po dvou dnech slijeme vodu do Petriho misek – s 1 kapkou 0,1% roztoku $FeCl_3$).*

B. 1. POZOROVÁNÍ POHYBU MĚŇAVEK *(asi 10 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

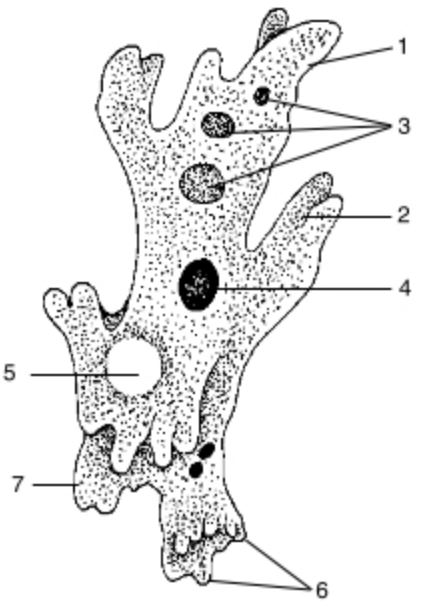
Kultura měňavek, Petriho miska, mikroskop a potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

Kulturu měňavek prohlížíme při zvětšení 100× přímo na Petriho misce *(otevřené, umístěné na pracovním stolku mikroskopu).*

✓ *Pozorování*

Vidíme charakteristický amébovitý pohyb, přelévání protoplazmy, tvorbu panožek, případně trávicích vakuol.

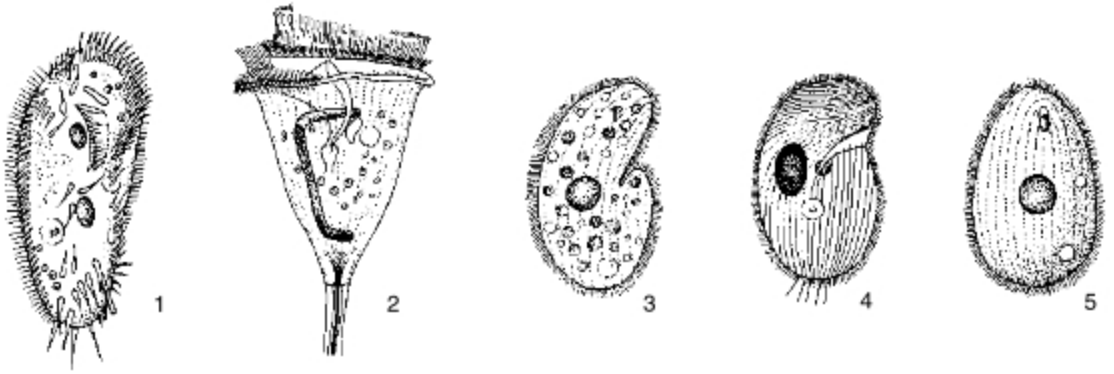


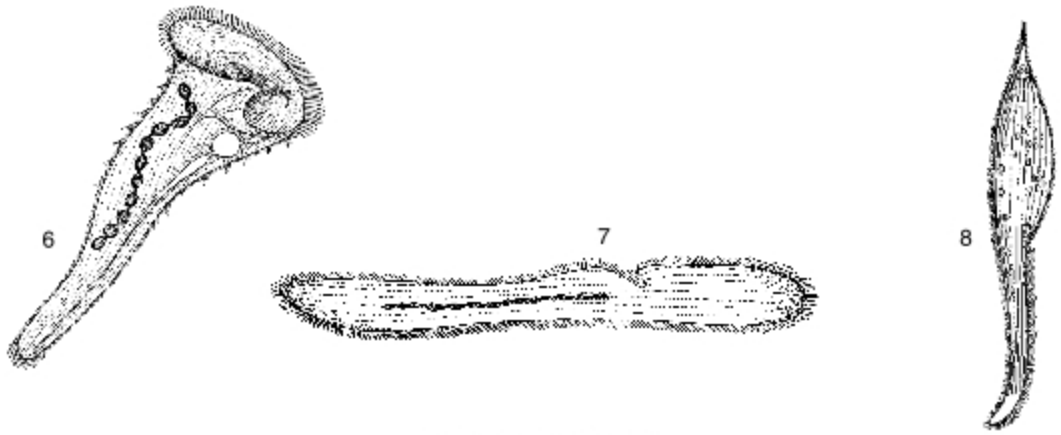
Měňavka velká
1 – ektoplazma, 2 – entoplazma, 3 – potravní vakuoly, 4 – jádro, 5 – pulsující vakuola, 6 – panožky, 7 – pelikula

C. POZOROVÁNÍ NÁLEVNÍKŮ

Nemáme-li k dispozici čistou kulturu trepek, můžeme si snadno připravit směsnou kulturu prvoků, tzv. **nálev**. *(Do čtyřlitrové okurkové láhve dáme list salátu zabalený do hrsti sena, zatížíme kamínkem a přelijeme rybniční vodou. Můžeme přikápnout 1 ml močůvky. Láhev překryjeme gázou a umístíme mimo učebnu /zahnívající obsah láhve páchne/, nejlépe v kabinetě na světle při teplotě do 20 °C. Srovnávací vzorek můžeme umístit do tmy v místnosti s teplotou nad 20 °C.)*

Během 14 dnů je nálev oživen prvoky s převahou trepek, které můžeme přeočkovat do čisté **zrnkové kultury** *(2–3 obilky s 5 ml akvarijní vody ve zkumavce ucpeme vatovým tamponem a 2–3× uvedeme k varu. Po vychladnutí očkujeme.)* Bohatou kulturu trepek můžeme napěstovat v 100 ml Erlenmayerově baňce, do níž vsypeme lžíci drceného dolomitu ($MgCO_3$. $CaCO_3$), který udržuje neutrální prostředí, vložíme filtrační papír 5 × 2 cm, zalijeme akvarijní vodou a zazátkujeme vatou. Sterilizujeme 10 minut varem. Po vychladnutí naočkujeme kulturu trepek, které se živí celulolytickými bakteriemi z rozkládajícího se filtračního papíru.





Nejběžnější nálevníci
1 – slávinka obecná, 2 – vířenka, 3 – ledvinovka obecná, 4 – bobovka velká, 5 – vejcovka obecná, 6 – mrskavka mnohotvará, 7 – plazivenka obecná, 8 – chobotěnka husí

C. 1. POZOROVÁNÍ TREPKY VELKÉ *(asi 40 minut)*

✓ *Teorie*

Trepka velká je nálevník, který se pohybuje pomocí brv. Vzhledem k její snadné dostupnosti, nenáročnému chovu a relativně i značné velikosti živočicha a jeho organel je vhodná k modelovému studiu tělesné stavby prvoka i jeho základních životních projevů *(trávení, vylučování, dráždivosti, rozmnožování atp.)*.

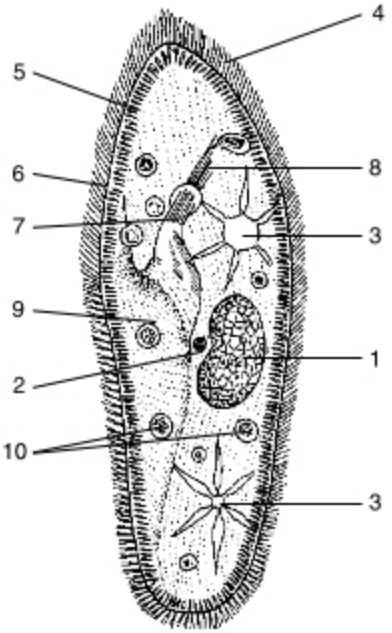
✓ *Materiál a pomůcky*

Zrnková kultura trepek, mikroskop a potřeby k mikroskopování, pipeta, roztok želatiny, neutrální červeň *(roztok 1 : 10 000)*, filtrační papír, nasycený roztok karmínu ve 45% kys. octové, 0,5% roztok methylenové modři, Lugolův roztok *(KI_3)*, tuš.

C. 1/1. POZOROVÁNÍ POHYBU TREPEK A ZPOMALENÉHO VLNĚNÍ BRV

✓ *Postup*

Na podložní sklíčko přeneseme pipetou kapku kultury trepek a pozorujeme při různém zvětšení. V jiném preparátu krycí sklíčko na jedné straně „podepřeme“ drobnými kuličkami filtračního papíru tak, aby bylo umístěno šikmo.



Trepka velká
1 – jádro, 2 – jadérko, 3 – pulsující vakuola – vylučovací otvor s přívodnými kanálky, 4 – brvy, 5 – trichocysty, 6 – pelikula, 7 – buněčná ústa, 8 – buněčný hltan, 9 – příústní pole, 10 – potravní vakuoly

✓ *Pozorování*

Trepky se pohybují v kapce spirálovitým otáčením kolem podélné osy. S větším zvětšením se zmenšuje zorné pole mikroskopu *(rychlost pohybu trepek se zdá větší)*. U preparátu s šikmo uloženým krycím sklíčkem odsajeme část vody na nepodložené straně. Trepky se pak pohybují volně pouze na straně, která je podložená. Na protilehlém konci jsou jedinci nepohybliví, smáčklí. Přibližně uprostřed jsou trepky omezovány v pohybu doléhajícím krycím sklíčkem, a pohybují se tedy pomalu. Kápneme-li těsně vedle krycího sklíčka kapku želatiny tak, aby se mohla postupně smísit s kapkou pod sklíčkem, můžeme při zatažené cloně a zvětšení asi 200× pozorovat synchronizovaný pohyb brv od předního konce k zadnímu *(jako vlnící se lán obilí)*.

C. 1/2. POZOROVÁNÍ STAVBY TĚLA TREPKY PŘI VITÁLNÍM ZBARVENÍ

✓ *Postup*

Do kapky roztoku methylenové modři přidáme malou kapku bohaté kultury trepek. Asi po 20–25 minutách přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme plazmu a jádro. Jiný preparát stejným způsobem obarvíme neutrální červení a pozorujeme potravní vakuoly.

✓ *Pozorování*

Barvivo proniká do těla trepky a vybarvuje její organely. Methylenová modř sytí makronukleus tmavomodře *(plazma zůstává světleji modrá)*, neutrální červeň vybarvuje potravní vakuoly. V těsné blízkosti buněčného jícnu jsou zbarveny malinově, postupně se jejich zbarvení mění na žlutočervené *(změna pH od prostředí kyselého po alkalické ve větší vzdálenosti od jícnu).*

C. 1/3. POZOROVÁNÍ PŘÍJMU POTRAVY TREPKOU

✓ *Postup*

Ke kapce kultury trepek na podložním sklíčku přisypte špetku tuše, přikryjte krycím sklíčkem a pozorujte.

✓ *Pozorování*

Zrnka tuše v okolí trepky se po chvíli klidu začnou pohybovat. Pohybem brv v okolí buněčných úst jsou strhávána a naplňují potravní vakuoly.

C. 1/4. ZÁVISLOST RYCHLOSTI POHYBU TREPEK NA TEPLOTĚ

✓ *Postup*

Do kapky ledové vody na podložním sklíčku kápněte kulturu trepek a pozorujte rychlost jejich pohybu a její změnu v souvislosti s postupným oteplováním preparátu.

✓ *Pozorování*

Trepky se z počátku pohybují velmi pomalu. Se stoupající teplotou se jejich aktivita zvyšuje.

C. 1/5. VYSTŘELOVÁNÍ TRICHOCYST TREPKOU

✓ *Postup*

Těsně vedle krycího sklíčka na preparátu s kulturou trepek kápneme roztok jodu, filtračním papírem vsajeme pod sklíčko a pozorujeme.

✓ *Pozorování*

Trepky při chemickém podráždění vystřelují trichocysty a samy odumírají. Zřetelně vidíme makronukleus a brvy. V dobrém mikroskopu je při zvětšení asi 400× možno pozorovat i hnědočerveně vybarvená zrnka zásobního glykogenu.

C. 1/6. STUDIUM VODNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Nárostové organismy

Velice zajímavá a pestrá společenstva představují nárosty na kamenech a listech vodních rostlin. Vzorky nárostových organismů získáváme dvojím způsobem:

1. **Sběrem z přirozených podkladů** (*např. kamenů, ponořených větviček*). Ponořený předmět vyjmeme z vody a nárosty z něj odstraňujeme pomocí kartáče nebo štětce do mělké misky.
2. **Sběrem z umělých podkladů,** které do vody na určitý čas instalujeme. Na přírodních podkladech totiž bývá navíc velké množství bahna a rozloženého organického materiálu, který je na závadu při mikroskopování. Pro naše účely je nejvhodnějším

umělým podkladem podložní mikroskopovací sklíčko. Na obvodu velké korkové zátky nebo dřevěného bloku vhodným způsobem upevníme kolíčky na prádlo a do nich uchytíme podložní mikroskopovací sklíčka. Horní stranu korkové zátky opatříme očkem k přichycení za provaz k bójce nebo k nějakému stabilnímu zařízení.

Po expozici od 1 týdne *(rybníky)* do 1 měsíce *(čisté potoky, zatopené lomy)*, sklo vyjmeme, do sucha utřeme jednu jeho stranu, druhou přiklopíme krycím sklíčkem a prohlížíme pod mikroskopem. Takto pozorujeme nárost v jeho přirozené podobě.

Tento způsob je vynikající pro pozorování sinic, řas, a to nejen nárostových, ale i planktonních, které se mohou mezi nárosty zachytit. Je to rovněž výborný způsob pro pozorvání prvoků, některých vířníků, hlístů, ploštěnek. Často se na sklech nacházejí i nezmaři.

Rozsivky

Pinnularia sp.

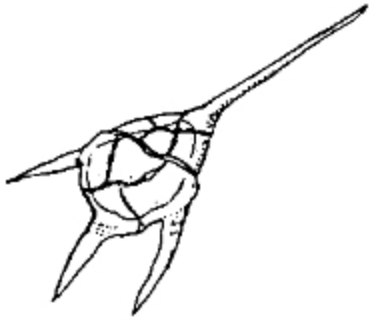
Asterionella

Navicula

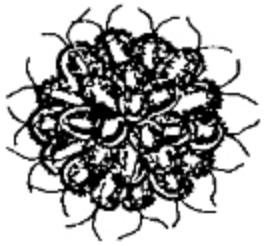
Fragilaria

Jednobuněčné řasy

pláštěnka
Chlamydomonas sp.

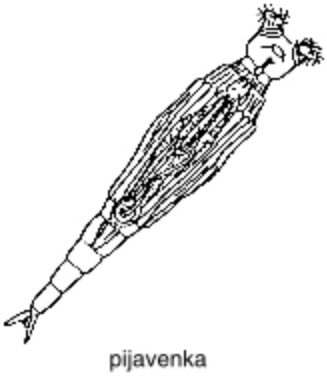


rohatka
Ceratium hirundinella

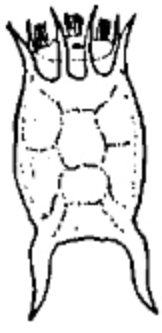


zlativka (kolonie)
Synura uvella

Vířníci

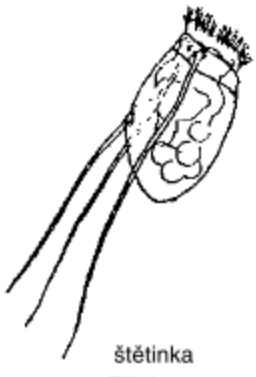


pijavenka
Philodina sp.



hrotenka
Keratella sp.

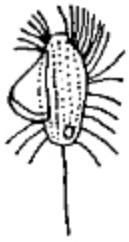
obrněnka
Brachionus sp.



štětinka
Filinia sp.

Prvoci

krásnoočko
Euglena sp.

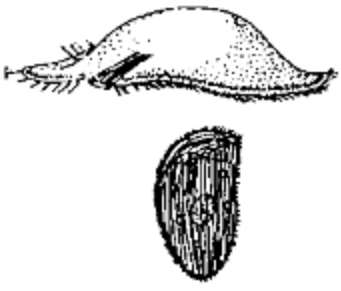


pérovka obecná
Cyclidium elongatum

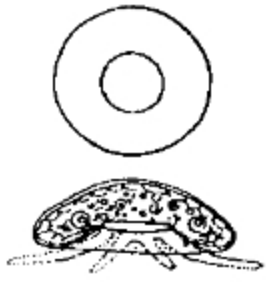
pancířník soudečkový
Coleps hirtus

rozlitka hruškovitá
Difflugia oblongata

lezounek
r. Euplotes



čepelenka průsvitná
Chilodonella cucullulus

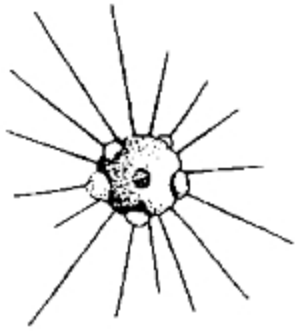


štítovka obecná
Arcella vulgaris

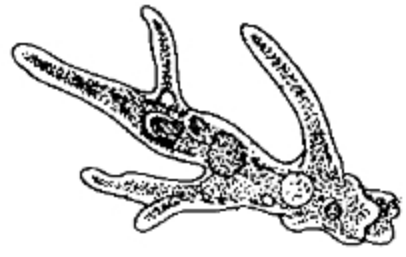
křivulenka
Cyphoderia ampulla

hadovec labutí
Lionotus cygnus

mrskavka bledá
Stentor roeseli



slunivka říční
Actinophrys sol



měňavka velká
Amoeba proteus

čepelenka vířenková
Vorticella

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

11. chlorofyl **a** a **c**, β-karoten, fukoxantin a jiné xantofyly – chryzolaminaran a laminaran – škrob
12. mnohojaderné cytoplazmy
13. infekční
14. spirálovité vícekomůrkové
15. mimo tělo hostitele
16. celulózu
17. rozmnožovací

Výsledky testu:

18c; 19b; 20d; 21c; 22a; 23c; 24b; 25d; 26c

Správná tvrzení:

27 ne; 28 ano; 29 ano; 30 ano; 31 ne; 32 ano; 33ne

DIBLASTICA

(str. 92–98, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

zygota	oskulum	nervová soustava – difuzní
morula	askon	láčka
blastula	sykon	disymetrie
gastrula	leukon	trávení extracelulární
invaginace	archeocyt	pneumatofor
imigrace	amoebocyt	medúzom
ektoderm	spongoblast	daktylozoid
entoderm	skleroblast	gonozoid
prvostřevo	porocyt	gasterozoid
prvoústa	pučení – vnitřní	exumbrella
Haeckel	atol	subumbrella
Mečnikov	choanocyt	gastrovaskulární systém
Bütschli	hermafrodit	ropálium
parenchymela	mezoglea	strobilace
plakula	knidoblast	efyra
symbióza	knidocil	exoskelet
mesenchym	hypnotoxin	coenosarc
ostium	myofibrily	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Vysvětlete známé hypotézy vzniku mnohobuněčnosti.
2. Které buňky v tělech houbovců jsou původu entodermálního?
3. Popište rozdíly v tělesné stavbě hub askonních, sykonních a leukonních.
4. V čem spočívá fyziologický význam vnitřního pučení sladkovodních hub?
5. Pohovořte o tělesné stavbě nezmara.
6. Charakterizujte polymorfní kolonii trubýšů.
7. Jaký význam v životě medúzovců má strobilace?
8. Jaké funkce plní gastrovaskulární systém medúz?
9. Uveďte, v čem se liší anatomie korálnatců od polypovců a medúzovců.
10. Čím se odlišují a v čem se shodují žahavci a žebernatky?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

11. Na počátku ontogenetického vývoje každého mnohobuněčného živočicha je vždy ……
12. Modelovým organizmem pro vysvětlení plakulární teorie vzniku mnohobuněčných je ……
13. Límečkovité buňky hub se podobají buňkám bičíkovce ……
14. Houbovci se nepohlavně rozmnožují ……
15. Larva hubovců se nazývá ……
16. Polypovci mají nervovou soustavu ……
17. Kolonie korálnatců je propojena společnou ……
18. Žebernatky ve své tělesné ústrojnosti naznačují …… souměrnost.
19. Houbovci a láčkovci ustrnuli na vývojovém stupni ……
20. Gemule bez amfidisků vytváří ……

✓ *Test*

21. **Houba pletená patří mezi houby:**
    a) rohovité
    b) křemičité trojosé
    c) vápenaté
    d) křemičité čtyřosé

22. **Medúzka sladkovodní je:**
    a) medúzovec žijící pouze v řekách
    b) polypovec žijící pouze v přehradách
    c) polypovec se zachovanou rodozměnou
    d) medúzovec žijící v řekách i v přehradách

23. **Ropália jsou:**
    a) pohybová ústrojí korálnatců
    b) symbiotické organizmy v těle nezmara zeleného
    c) sídlem smyslových orgánů medúz
    d) světélkující buňky v těle trubýšů

24. **Sasanky se vyznačují tím, že:**
    a) střídají pravidelně stadium polypa a medúzy
    b) žijí v symbióze s korálnatci
    c) jejich činností vznikají korálové útesy
    d) nevytvářejí exoskelet

25. **Blastocoel je:**
    a) oplozená vaječná buňka
    b) prapředek mnohobuněčných organizmů
    c) prvotní dutina tělní
    d) larva hub

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
26. Amfiblastula je larva korálnatců.	○	❑
27. Solitárně žijící houbovci žijí v teplých mořích.	○	❑
28. Jehlice hub mají pouze funkci opěrnou.	○	❑
29. Rozšiřování houbovců umožňují amfidisky, jimiž gemule ulpívají na peří vodních ptáků.	○	❑
30. Přisedlí polypovci jsou významným horninotvorným činitelem.	○	❑
31. Vývojově nejpokročilejšími živočichy, kteří patří mezi Diblastica, jsou medúzovci.	○	❑
32. Medúzy se pohybují synchronizovaným kmitáním svých chapadel.	○	❑
33. Bradlový útes na jihovýchodním pobřeží Austrálie je dlouhý asi 2000 km.	○	❑

Praktická cvičení

17. Pozorování houbovců a žahavců

A. POZOROVÁNÍ STAVBY TĚLA SLADKOVODNÍCH HUB *(40 minut)*

✓ *Teorie*

Sladkovodní houby jsou nenápadní vodní živočichové, kteří u nás žijí v počtu šesti druhů. Vytvářejí trsovité kolonie, povlékající kameny, dřevěné stavby ve vodě a ponořené části rostlin ve stojatých, příp. mírně tekoucích vodách. Protože sladké vody promrzají a houby zahynou, mají vytvořen zvláštní způsob rozmnožování „vnitřními pupeny" – gemulemi. Houby seškrabujeme od podkladu na přelomu září a října, kdy již mají vytvořeny gemule. K pozorování je použijeme buď přímo, nebo je konzervujeme 70% alkoholem, příp. je můžeme vysušit.

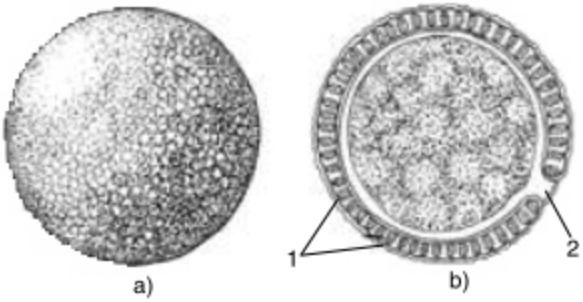
✓ *Materiál a pomůcky*

Čerstvá, vysušená nebo v alkoholu konzervovaná houba, 70% etanol, 10% KOH, mikroskop a potřeby pro mikroskopování, preparační jehly, skalpel, porcelánová odpařovací miska, vodní lázeň a asi 15× zvětšující lupa.

✓ *Postup*

Provedeme příčný řez trsem houby a lupou pozorujeme její strukturu, sponginová vlákna, jehlice a gemule. Vyjmeme několik gemulí, povaříme v 10% KOH a po vychladnutí přeneseme na podložní sklíčko, rozmáčkneme skalpelem, přidáme kapku vody, přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme.

Ve vodní lázni na porcelánové misce necháme zvlášť vyvařit v 10% KOH část těla houby. Po odpaření vody jsou ve zbylém prášku KOH kosterní křemičité jehlice. Ty přeneseme na podložní sklo, zakápneme vodou, překryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme.



Gemule houby říční
a) vnější vzhled, b) průřez gemulí *(1 – amfidisky, 2 – porus)*

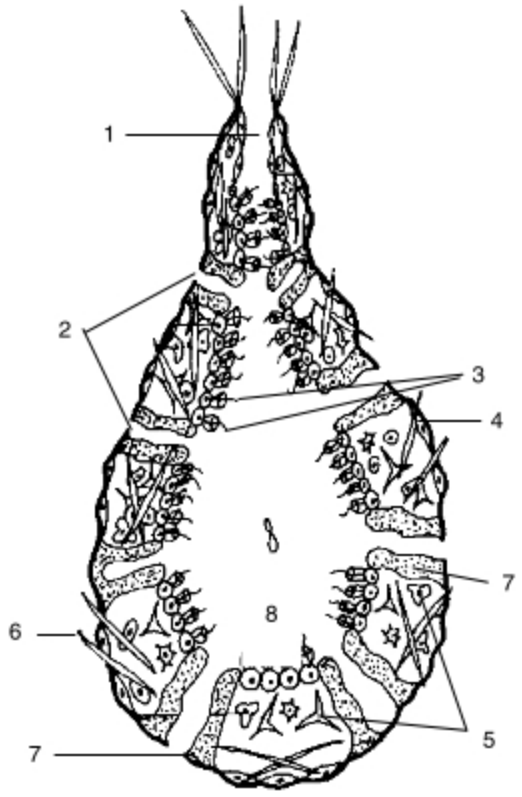


Schéma tělesné stavby askonní houby
1 – oskulum, 2 – ostie, 3 – límečkovité buňky, 4 – ektodermální buňky, 5 – amoebocyty, 6 – jehlice, 7 – porocyty, 8 – centrální dutina

✓ *Pozorování*

Tělo houby je prostoupeno sponginovými vlákny. Je patrna jeho struktura s komůrkami a kanálky a charakteristické jehlice. Na rozmáčknutých gemulích, prosvětlených KOH, je patrný vnější obal, tvořený dvojitými hvězdicovitými jehlicemi. Vzniklá dvouvrstva má funkci nadlehčovací *(plavou na hladině a ulpívají na peří vodního ptactva)* a termoizolační.

B. POZOROVÁNÍ ŽAHAVCŮ

✓ *Teorie*

Nezmaři jsou sladkovodní polypovci. Obývají čisté vody tůní a mírně tekoucích řek, kde žijí na okřehcích, rdestech a vodním moru kanadském. Při lovu nezmarů právě tyto rostliny přenášíme do lahví a proti světlu pozorujeme, zda se nám podařilo je získat. V akváriu s vodními rostlinami je můžeme chovat i několik měsíců *(živí se buchankami, perloočkami a larvami pakomárů).*

B. POZOROVÁNÍ NEZMARŮ

✓ *Materiál a pomůcky*

Živí nezmaři, 3 skleněné kyvety, lupa zvětšující 10×, sešit, tužka, podložní sklíčko s jamkou, krycí sklíčko, filtrační papír, mikroskop, chladnička, hodinové sklíčko, skleněná tyčinka, zředěná kyselina octová.

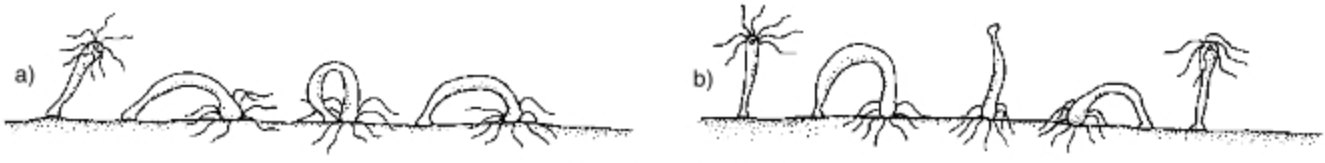
B. 1. POZOROVÁNÍ NEZMARA VE SKLENĚNÉ KYVETĚ *(asi 15 minut)*

✓ *Postup*

Pozorujeme živé nezmary, zakreslujeme charakteristický tvar těla, pokusíme se určit druh nezmara, zaznamenáváme fáze pohybu pozorovaných jedinců a všímáme si jejich reakce na dotek.

✓ *Pozorování*

Nezmaři přisedají k podkladu nožním terčem. Kolem volného konce těla mají chapadla, v jejichž středu je ústní *(přijímací a současně i vyvrhovací)* otvor. Mohou se pohybovat buď píďalkovitě, nebo „přemety". Při jemném dotyku tyčinkou zkracují všechna ramena, při silnějším dotyku reagují zkrácením celého těla. Nerozlišují tedy směr podnětu – jejich reakce je všesměrná. Při podráždění se zkracují velmi rychle, rozvíjejí se mnohem pomaleji. Dobře živení jedinci vytvářejí pupeny *(nepohlavní rozmnožování).*



Fáze pohybu nezmara
a) píďalkovitý pohyb, b) přemetovitý pohyb

Znaky:

Nezmar hnědý – *tělo zřetelně odlišeno od úzké nohy, chapadla nejméně 2× delší než tělo, vajíčka s krátkými jehlami.*
Nezmar obecný – *noha jen nepatrně tenčí než tělo, ramena pouze asi 5 mm, vajíčka s dvouklannými trny.*
Nezmar zelený – *zelený, ramena značně kratší než tělo, vajíčka bez jehel.*
Nezmar štíhlý – *noha o stejném průměru jako tělo, ramena jen nepatně delší než tělo, vajíčka s krátkými jehlami.*

B. 2. POZOROVÁNÍ NEZMARA MIKROSKOPEM *(asi 10 minut)*

✓ *Postup*

Nezmara pipetou přelovíme z akvária do jamky podložního sklíčka a pozorujeme při malém zvětšení. Po několika minutách pozorování vodu odsajeme filtračním papírem za současného přikapávání nové prokysličené vody.

✓ *Pozorování*

Nezmar je mnohobuněčný živočich s dvouvrstevným tělem, nožním terčem a přiústními rameny.

B. 3. POZOROVÁNÍ ŽAHAVÝCH BUNĚK NEZMARŮ *(asi 10 minut)*

✓ *Postup*

Nezmara položíme na podložní sklíčko a mírně ho přitlačíme krycím sklíčkem. Z boku přikápneme kapku zředěné kyseliny octové. Pozorujeme při velkém zvětšení.

✓ *Pozorování*

Žahavé buňky nezmara v prostředí zředěné kyseliny octové vystřelují. Jeho tělo se působením kyseliny rozpadá na jednotlivé buňky.

B. 4. POZOROVÁNÍ PUČENÍ NEZMARŮ *(asi 14 dní)*

✓ *Postup*

Do tří skleněných kyvet vložíme po jednom větším živém nezmarovi, který ještě nevytvořil pupeny. Všechny kyvety udržujeme na teplotě kolem 19 °C. Kyvety označíme. V jedné krmíme nezmara denně, ve druhé jednou za tři dny, ve třetí pouze jednou týdně. Za 14 dní vyhodnotíme množství vzniklých pupenů v závislosti na přísunu potravy.

✓ *Pozorování*

Tvorba pupenů nezmarem je přímo úměrná množství přijaté potravy. Nezmar zelený vytváří pupeny jen ve spodní třetině těla *(jsou ihned zelené přítomností symbiotických zelených řas).* Nezmar obecný má pupeny, které mají od počátku 4–6 ramen. Nezmar hnědý *(v chladničce)* za teploty pod 10 °C pupeny tvořit přestává. Začíná však tvořit gamety.

B. 5. POZOROVÁNÍ PŘIJÍMÁNÍ PŘIROZENÉ POTRAVY NEZMAREM

(asi 20 minut až několik hodin)

✓ *Postup*

K hladovému nezmaru přidáme do vody na hodinovém sklíčku několik perlooček nebo buchanek. Pozorujeme, kolik jich nezmar zachytí a jak si počíná při pohlcení, trávení, příp. při vyvrhování nestrávených zbytků potravy.

✓ *Pozorování*

Dotkne-li se perloočka nebo buchanka nezmara, je omráčena hypnotoxinem z jeho žahavých buněk. Po několika usilovných pohybech ochabne. Perloočce např. přestane i tepat srdce. Nezmar zkracuje svá ramena s kořistí, již souká ústním otvorem do trávicí láčky. Z ní prosvítají obrysy pohlceného korýše. Nezmar se po pohlcení kořisti asi na 1–2 hodiny stáhne a neloví.

B. 6. POZOROVÁNÍ REGENERACE NEZMARA *(asi 2 týdny)*

✓ *Postup*

V kyvetě s vodním morem kanadským odřízneme z rozvinutého nezmara část těla s rameny a pozorujeme regeneraci obou částí jeho těla.

✓ *Pozorování*

Obě části těla nezmara během asi 14 dnů zregenerují. Pokud měl nezmar vytvořeno vajíčko, dojde k jeho vstřebání.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

11. jednobuněčná zygota
12. Trichoplax adhaerens
13. trubénky Haeckelovy
14. pučením
15. amfiblastula
16. rozptýlenou *(difuzní)*
17. trávicí dutinou
18. dvoustrannou
19. gastruly
20. houba rybničná

Výsledky testu:

21b; 22c; 23c; 24d; 25c

Správná tvrzení:

26 ne; 27 ano; 28 ne; 29 ano; 30 ne; 31 ne; 32 ne; 33 ne

SCHIZOCOELNÍ A PSEUDOCOELNÍ

(str. 99–104, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

Triblastica	miracidium	pilidium
prvoústí	redie	partenogeneze
druhoústí	cerkarie	zuby
schizocoel	billharzióza	– kutikulární
pseudocoel	onkosféra	gonochorismus
coelom	larvocysta	dimorfismus
protonefridie	boubel	– pohlavní
parazit	skolex	ascaridóza
kutikula	rostelum	oxyurióza
dýchání	proglotid	autoinfekce
– anaerobní	onkosféra	trichinelóza
hermafrodit	mezihostitel	
– proterandrický	echinokok	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Charakterizujte typy tělních dutin trojvrstevných živočichů.
2. Které znaky jsou typické pro tělesnou ústrojnost ploštěnek?
3. Uveďte adaptace motolic k parazitickému způsobu života.
4. Porovnejte anatomickou stavbu tasemnic a ploštěnek.
5. Jaká uzpůsobení k parazitickému způsobu života mají hlístice?
6. V čem se vzájemně liší a v čem se shoduje anatomie motolic, tasemnic a hlístic?
7. Popište mechanizmus nákazy a průběh onemocnění trichinelózou.
8. V čem spočívají preventivní opatření proti nákaze hlísticemi?
9. Nakreslete a vysvětlete schéma schizocoelní a pseudocoelní tělní dutiny.
10. Podle schématu popište obecnou stavbu coelomového živočicha.
11. Podle jakých kritérií rozlišujeme coelomové organizmy?
12. Na jakém principu pracují protonefridie?
13. Vyjmenujte alespoň tři živočišné kmeny patřící mezi prvoústé.
14. Kde se vyvíjí otvor ústní u druhoústých?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

15. Morulovci jsou …… mořských bezobratlých.
16. Oplozená vajíčka motolic opouštějí tělo s ……
17. Motolice se vyskytují v oblastech, kde se pase na ……
18. Tasemnice vytváří ve svalstvu mezihostitele ……
19. Mezihostiteli řemenatky ptačí jsou …… a ……
20. Nejdelším bezobratlým živočichem je ……
21. Parazitické hlístice mají ústa vybavena ……
22. K hlísticím parazitujícím na rostlinách patří ……
23. Při onemocnění trichinelózou rozlišujeme dvě fáze ……

✓ *Test*

24. **Hlístice jsou organizmy:**
    a) coelomové se stejnocenným článkováním těla
    b) schizocoelní
    c) pseudocoelní
    d) heteronomně článkované

25. **Ploštěnky kladou vajíčka:**
    a) do žlučovodů ovcí
    b) na kameny ve vodě
    c) do buchanek ve vodě
    d) v okolí řitního otvoru hostitele

26. **Tasemnice dlouhočlenná:**
    a) se již téměř nevyskytuje
    b) je rozšířena mezi obyvatelstvem živícím se rybolovem
    c) je parazitem srnčí zvěře
    d) je rozšířena v místech, kde se hnojí fekáliemi

27. **Pevnost a současně pružnost těl škrkavek je způsobena:**
    a) jednovrstevnou pokožkou tvořící syncytium
    b) napětím tekutin v pseudocoelní tělní dutině
    c) pohlavním dimorfismem
    d) anaerobním dýcháním

28. **Příznaky oxyuriózy jsou:**
    a) žízeň a otoky
    b) krvácení
    c) podráždění a svědění
    d) kloubové bolesti

29. **Vlasovec mízní je přenášen:**
    a) autoinfekcí
    b) potkany
    c) hovězím masem
    d) bodavým hmyzem

30. **Spikuly hlístic slouží:**
    a) k aktivnímu rozevření pohlavního otvoru samičky samečkem
    b) k narušení kapilární sítě hostitele
    c) způsobují dráždění ke kašli
    d) slouží ke kladení vajíček samičkami

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
31. Sladkovodní druhy ploštěnek mají vývoj přímý.	❍	❑
32. Larvy motolic parazitují v bezobratlých.	❍	❑
33. Endoparazitické motolice dýchají celým povrchem těla.	❍	❑
34. Mezihostitelem motolice jaterní je buchanka.	❍	❑
35. Samička krevničky močové přidržuje samečka v břišní rýze.	❍	❑
36. Roup dětský je gonochorický druh.	❍	❑

Praktická cvičení

18. Pozorování ploštěnců a hlístic

A. POZOROVÁNÍ PLOŠTĚNEK

Ploštěnky jsou běžně dostupní zástupci ploštěnců. Na rozdíl od motolic a tasemnic nejsou adaptovány k parazitickému způsobu života. Žijí pod kameny, příp. na spodní straně ponořených částí vodních rostlin. Z podkladu je stíráme navlhčeným štětcem do širokohrdlé nádobky s vodou. Poněvadž jsou velmi ná-

ročné na kyslík, chováme je v akváriích s porostem vodních rostlin *(pokud rostliny nemáme, musíme akvárium vydatně provzdušňovat).* Akvárium nesmí být vystaveno na přímém slunci. Pro laboratorní chov se nejlépe osvědčila akvarijní **ploštěnka americká** *(Planaria tigrina).* Ploštěnky krmíme kousíčky syrového masa, příp. drobně nakrájenými žížalami, které dáváme vždy na stejné místo v blízkosti kamenů, pod nimiž se ploštěnky zdržují.

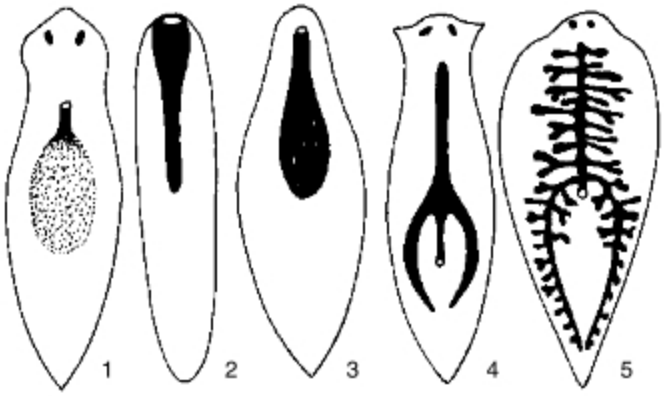
A. 1. POZOROVÁNÍ VNĚJŠÍ STAVBY TĚLA A POHYBU PLOŠTĚNEK *(asi 10 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Dospělá ploštěnka, hodinové sklíčko s vodou, preparační lupa, skalpel, žiletka.

✓ *Postup*

Ploštěnku přeneseme z akvária do vody v hodinovém sklíčku. Pozorujeme tvar hlavové části jejího těla, počet a umístění očí a tvar prosvítajícího střeva. Pozorovaný druh určíme. Všímáme si i obrvení jejího tělního povrchu. Pozorovanou ploštěnku podráždíme dotykem na přední a potom na střední části těla. Převrátíme ji na hřbet a pozorujeme její otáčecí reflex. Nakonec ji příčně přeřízneme a srovnáme kvalitu pohybu obou jejích oddělených částí.



Typy ploštěnek podle tvaru trávicí dutiny
1 – bezstřevná
2 – rovnostřevná
3 – lalokostřevná
4 – trojvětevná
5 – mnohovětevná

✓ *Pozorování*

Určíme druh ploštěnky. Při podráždění přední části těla se ploštěnka přídí odvrátí od podnětu. Při podráždění ve střední části nejdříve stáhne svalstvo v podrážděném místě a posléze pokračuje v pohybu bez změny směru. Při otočení na hřbet se reflexně otáčí k podložce. Po kontaktu s podkladem v hlavové části těla se postupně šroubovitě otočí celé tělo. Při rozříznutí se obě oddělené části pohybují samostatně. Přítomnost mozkové uzliny jen v přední oddělené části kvalitu pohybu neovlivňuje.

A. 2. POZOROVÁNÍ REGENERACE PLOŠTĚNEK *(asi 1 měsíc)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Ploštěnky, skalpel, Petriho misky.

✓ *Postup*

Dospělé ploštěnky *(volíme větší druhy, např. p. mléčná, p. potoční)* necháme několik dnů hladovět. Posléze je „operujeme“ – nařízneme podélně přední, příp. zadní část těla, přeřízneme je příčně, příp. je rozčtvrtíme. Regeneráty přechováváme při teplotě 15 °C až 18 °C. Vodu denně vyměňujeme.

Pozorujeme průběh regenerace. Podle možnosti srovnáváme průběh regenerace u různých druhů ploštěnek.

B. 1. POZOROVÁNÍ HLÍSTI *(20 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Petriho miska s kompostovou zeminou, žížaly, chloroform, nůžky, mikroskop a pomůcky k mikroskopování.

✓ *Postup*

Podélně rozstříhané žížaly usmrcené v chloroformu položíme do Petriho misky na vlhkou zeminu, uzavřeme a dáme na teplé místo do tmy. Po několika dnech se na žížalách objeví bělavý povlak. Jeho část přeneseme do kapky vody na podložním sklíčku s jamkou a pozorujeme mikroskopem.

✓ *Pozorování*

Objevíme hlístice, jejichž samičky mají nápadně zúženou zadní část těla *(háďátko ozbrojené).* Jednu z nich přeneseme na podložní sklíčko do kapky vody a přitlačíme ji krycím sklíčkem. Uvolněná vajíčka se měňavkovitě pohybují *(mladá vajíčka).* Starší vajíčka jsou nepohyblivá, mají neměnný oválný tvar.

B. 2. POZOROVÁNÍ HÁĎÁTEK *(30 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Háďátky napadené rostliny řepy, lopatka, igelitové sáčky, síto s 2mm oky, kuželovité baňky, mikroskop.

✓ *Postup*

V prostoru vzrostlé řepy *(rostliny s nejméně 10 listy)* vyhledáme zvadlé rostliny se zpožděným růstem. Vyrýváme je i s balem v okruhu asi 15 cm a po přenesení v igelitovém sáčku odstraňujeme v laboratoři hlínu z kořenů.

✓ *Pozorování*

Na postranních kořenech je množství bělavých cyst *(0,6 × 0,5 mm)* háďátka řepného, které pozorujeme pod mikroskopem. Vakovitě zduřelé cysty jsou dospělé samičky, v nichž se hromadí vajíčka. *(Cysty háďátek můžeme získat i z půdních vzorků, které odebíráme z hloubky asi 10 cm /po 10 dkg hlíny/. Prosejeme je sítkem o velikosti ok 2 mm a hlínu nasypeme do kuželovitých baněk, zalijeme vodou a několikrát protřepeme: lehké cysty vyplavou na povrch. Vodu přefiltrujeme, cysty na filtračním papíře spočítáme, prohlédneme mikroskopem a zakreslíme.)*

B. 3. POZOROVÁNÍ VAJÍČEK DOSPĚLÉ ŠKRKAVKY *(20 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Samička škrkavky, preparační miska, glycerol, mikroskop a pomůcky k mikroskopování.

✓ *Postup*

Vypreparujeme dělohu škrkavky, jejíž stěnu rozrušíme preparačními jehlami. Vyhřezlý obsah přeneseme na podložní sklíčko, překápneme glycerolem, přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme mikroskopem.

✓ *Pozorování*

Vidíme vajíčka škrkavky s ostnitým chitinózním obalem.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

15. endoparazity
16. výkaly
17. periodicky zaplavovaných lukách
18. vstřebáváním celým povrchem těla
19. buchanky a ryby
20. pásnice pásmovka veliká
21. kutikulárními zuby
22. háďátka
23. střevní a svalovou

Výsledky testu:

24c; 25b; 26a; 27b; 28c; 29d; 30a

Správná tvrzení:

31 ano; 32 ano; 33 ne; 34 ne; 35 ne; 36 ano

COELOMOVÍ – NEČLÁNKOVANÍ

(str. 104–109, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

coelom	plicní vak	Předožábří
útrobní vak	metanefridie	Zadožábří
ulita	hemolymfa	Plicnatí
teleskopické oči	hemocyanin	lastury
radula	osfradium	glochidium
slinivkojaterní žláza	miskovité oko	pohlavní dimorfismus
hepatopankreas	komorové oko	spermatofor

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Charakterizujte kmen měkkýši.
2. Jaký je hospodářský význam měkkýšů?
3. Popište tělesnou ústrojnost hlemýždě zahradního.
4. Uveďte progresivní znaky trávicí soustavy plžů.
5. Poznejte nejběžnější zástupce předožábrých a plicnatých plžů.
6. Co společného mají slimáci a plzáci a čím se vzájemně liší?
7. Popište tělesnou ústrojnost škeble rybničné.
8. Na jakém principu vysunují plži a mlži svalnatou nohu?
9. V čem spočívá rozdíl v ontogenetickém vývoji plžů a mlžů?
10. Co víte o běžných zástupcích mořských mlžů? Poznejte je.
11. Jaké jsou odlišnosti v tělesné stavbě dvou našich vzájemně si velmi podobných druhů mlžů? Odůvodněte jejich význam.
12. Popište tělesnou ústrojnost sépie obecné.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

13. Vnitřní orgány měkkýšů jsou uloženy v ……
14. Ulity plžů a lastury mlžů mají funkci ……
15. Pilníkovitá radula plžů je tvořena ……
16. Vylučovacími orgány plžů jsou ……
17. Plži mají vývoj ……
18. Dýchacím ústrojím mlžů jsou ……
19. Krevní barvivo měkkýšů obsahuje ……
20. Ammoniti jsou řazeni mezi ……
21. Nejdokonalejším smyslovým ústrojem hlavonožců je ……
22. Hlavonožci mají vývoj ……
23. Hektokotylové rameno hlavonožců má funkci ……

✓ *Test*

24. **Suchozemští plži se nejhojněji vyskytují na půdách vzniklých zvětráním:**
    a) pískovce
    b) vápence
    c) žuly
    d) flyše

25. **Svalovina nohy plžů je:**
    a) hladká
    b) šikmá
    c) příčně pruhovaná
    d) hladká i pruhovaná

26. **Okružák ploský je:**
a) předožábrý plž
b) sladkovodní mlž
c) plicnatý vodní plž
d) fosilní suchozemský plž

27. **Hemolymfa je důkazem, že měkkýši mají cévní soustavu:**
a) otevřenou
b) uzavřenou
c) obojetnou
d) bez krvinek

28. **Bahnatka malá:**
a) má symetrickou ulitu
b) vykazuje pohlavní dimorfismus
c) střídá hostitele
d) je mezihostitelem vývojových stadií motolice

29. **Vnitřní orgány plžů jsou umístěny:**
a) v plášťové dutině
b) v útrobním vaku
c) v osrdečníku
d) v kloace

30. **Řitní otvor hlemýždě zahradního vyúsťuje:**
a) na levém okraji plášťové dutiny
b) do dutiny osrdečníku
c) do spojených ganglií
d) na pravém okraji plášťové dutiny za hlavou

31. **Hlavonožci se mohou pohybovat:**
a) pouze chapadly
b) chapadly a reaktivně
c) hektokotylovým ramenem
d) vystřikováním inkoustové tekutiny z konečníku

32. **Mláďata hlavonožců žijí:**
a) pelagicky
b) paraziticky
c) přisedle
d) v prokysličené vodě trdlišť lososů

33. **Společným znakem všech měkkýšů je:**
a) coelom
b) radula
c) schránka pro měkké tělo
d) plicní vaky

34. **Plzáci:**
a) mají hřbetní kýl a dýchací otvor vpravo za hlavou
b) mají hřbetní kýl a dýchací otvor vlevo za hlavou
c) nemají hřbetní kýl, dýchací otvor je vzadu
d) nemají hřbetní kýl, dýchací otvor je vpředu

35. **Metanefridie měkkýšů ústí do:**
a) dutiny osrdečníku
b) volně do plášťové dutiny
c) do hepatopankreatické žlázy
d) přímo do vody

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
36. Ulita plžů je nepárová a asymetrická.	○	❑
37. Ulita hlemýždě zahradního je levotočivá.	○	❑
38. Užší část těla škeble rybničné je její záď.	○	❑
39. Osrdečník plžů je zbytek vývojem potlačené druhotné dutiny tělní.	○	❑
40. Kyslík je u měkkýšů přenášen plazmou.	○	❑
41. Slinné žlázy mlžů umožňují trávení planktonu.	○	❑
42. Hlavonožce dělíme podle počtu chapadel na desetiramenné a osmiramenné.	○	❑
43. Samečkové hlavonožců jsou větší než samičky.	○	❑
44. Srdce loděnky hlubinné má jednu komoru a 4 předsíně.	○	❑

Praktická cvičení

19. Pozorování měkkýšů

A. POZOROVÁNÍ PLŽŮ *(hlemýždě zahradního)*

Z měkkýšů jsou u nás dostupní pro praktická pozorování plicnatí plži a mlž škeble rybničná. Nejobvyklejším plicnatým plžem je **hlemýžď zahradní** *(Helix pomatia)*, který žije na okrajích lesů *(zejména v lesích dubovo-habrových)*, ale i ve vinicích a v zahradách, zejména na vápencovitých půdách. Nemáme-li vytvořeny podmínky pro jejich reprodukci, příp. nechceme-li vyloženě pozorovat jejich páření a kladení vajíček, sbíráme je v druhé polovině prázdnin, kdy již nakladli vajíčka. Ve škole je můžeme chovat v teráriu se zasíťovaným stropem. Podklad tvoří asi 5cm vrstva říčního písku, kterou převrstvíme stejně mocnou vrstvou kompostové zeminy, asi hrstí ztrouchnivělé pařezoviny, 2–3 ks zpuchřelé vápenaté omítky, přidáme kousek drnu, listí a mech *(pro udržení vlhkosti)*. Občas orosíme vodou *(jsou-li vhodné podmínky, můžeme podobný hlemýždí „makroekosystém" vytvořit na stinném místě v zahradě v polozahrabané bedně s drátěným víkem)*. V teráriu chováme nejvýše 5 jedinců *(pro smysluplné pozorování tento počet optimálně vyhovuje, přičemž nedochází k neúnosnému hromadění odpadních látek)*. Krmíme 2× týdně na vyhrazeném místě *(v Petriho misce)* salátem, plátky mrkve, zelím, listy kapusty, vše s jemně nastrouhanou sépiovou kostí, příp. i jedlými houbami. Denní spotřeba potravy je asi 1 dkg na kus. Nespotřebovanou potravu pravidelně odstraňujeme *(jinak plesniví)*.

A. 1. POZOROVÁNÍ VNĚJŠÍ TĚLESNÉ STAVBY HLEMÝŽDĚ *(asi 40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

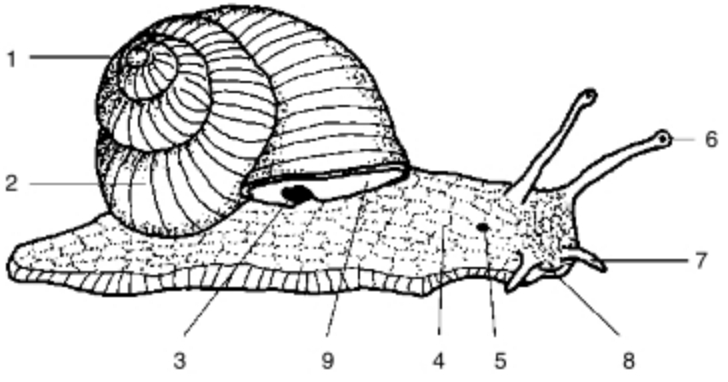
Živí hlemýždi, prázdné ulity hlemýžďů, lupa, poznámky, posuvné měřítko.

✓ *Postup*

Při hodnocení hlemýždí ulity ji vždy postavíme do tzv. základní polohy: osa ulity je svislá, vrchol směřuje vzhůru a otvor dolů. Rozlišujeme výšku ulity *(vzdálenost od vrcholu k nejnižšímu bodu ulity)* a šířku ulity *(vzdálenost mezi stranově nejvzdálenějšími body)*. Všímáme si utváření okraje koncového otvoru – obústí, barvy a struktury její vnitřní stěny.

✓ *Pozorování*

Na ulitě pozorujeme závity, které v místě dotyku tvoří švy. Vnitřní stěny závitů k sobě těsně doléhají. Otvor posledního závitu se nazývá ústí *(slimáci a plzáci mají ulitu redukovánu na hřbetní destičku)*. Ústí je v základní poloze vpravo *(vinutí pravotočivé)*. Hlemýždí ulita je na povrchu rýhovaná, se žlutohnědou ochrannou vrstvou rohovitého konchiolinu. Pod ní je vrstva aragonitová *($CaCO_3$)*. Perleťovou vnitřní vrstvu hlemýžď vytvořenu nemá. Poškozená místa ulity hlemýžď zaceluje uhličitanem vápenatým, protože konchiolinovou vrstvu může vylučovat pouze okrajem svého pláště.



Hlemýžď zahradní
1 – vrchol ulity
2 – závit ulity
3 – dýchací otvor
4 – svalnatá noha
5 – vyústění pohlavních orgánů
6 – dlouhá tykadla s očima
7 – krátká přiústní tykadla
8 – ústa
9 – okraj plášťové dutiny

A. 2. POZOROVÁNÍ CHOVÁNÍ HLEMÝŽDĚ V PŘÍRODĚ A V TERÁRIU

(dlouhodobé pozorování)

✓ *Materiál a pomůcky*

Plátěné sáčky ke sběru hlemýžďů, terárium, bedna s živými hlemýždi, měřítko, štěteček, hygroskopická látka, např. 10 dkg silikagelu nebo NaOH, Petriho miska, gáza, skleněná kyveta, tuš, skleněný příklop na terárium.

✓ *Postup*

V místě výskytu hlemýžďů si všímáme, kde se nacházejí za suchého teplého počasí a kde např. po dešti. Suché počasí můžeme modelově vytvořit i v teráriu s hygroskopickou látkou *(v Petriho misce převázané gázou)* a pozorujeme reakci hlemýžďů. V teráriu pozorujeme hlemýždě při páření *(na přelomu května a června).* Po kopulaci je můžeme umístit samostatně do terária doma. Asi po měsíci, tedy o prázdninách počátkem července začnou hlemýždi klást snůšky vajíček. Snůšku poodkryjeme, všimneme si barvy, počtu a velikosti vajíček a opět je zahrneme hlínou. Všimneme si, kdy se objeví první hlemýždi, jakou barvu a kolik závitů má jejich ulita. Tuší můžeme označit okraj ulity mladých hlemýžďů a s časovým odstupem pozorovat rychlost jejich růstu.

✓ *Pozorování*

Za suchého počasí bývají hlemýždi zalezlí v trávě nebo v listí, příp. jsou na severní *(tedy vlhčí a relativně chladnější)* straně kmene. Za dlouhotrvajícího sucha uzavírají ústí schránky tenkým blanitým víčkem. Za mokra vylézají na vyvýšená místa.

V laboratorních podmínkách v „suchém počasí" v teráriu s hygroskopickou látkou hlemýždi vytvářejí během 2–3 dnů v ústí své ulity hlenovitou zátku. Po odstranění hygroskopické látky a orosení terária vodou opět z ulit vylézají. Hlemýždi jsou hermafroditi. Při páření si vzájemně předávají sperma. Pozorujeme charakteristickou polohu jejich těl při páření a snůšky vajíček, z nichž se líhnou mladí hlemýždi *(jde tedy o vývoj přímý).*

A. 3. POZOROVÁNÍ POHYBU MĚKKÝŠŮ *(30 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živí hlemýždi, skleněná deska, mm měřítko, lupa, skelný papír, břitva, psací a kreslicí potřeby.

✓ *Postup*

Hlemýždě položíme na sklo, pozorujeme vysunování „nohy" a zespodu lupou techniku jeho pohybu *(můžeme srovnat s pohybem po skelném papíře).* Změříme vzdálenost, kterou urazí za 5 minut a přepočítáme na hodinovou rychlost. Posléze hlemýždě opatrně položíme na břit skalpelu, břitvy, nože nebo žiletky.

✓ *Pozorování*

Hlemýžď po chvíli vystrčí zadní konec svalnaté „nohy" a nakonec hlavu. Pohybuje se postupným stahováním svého svalstva za hojné sekrece hlenu ve „vlnách", přičemž ulitu za sebou souvisle táhne. Kontrakční svalová vlna je viditelná zespodu skla jako tmavé vlnící se pruhy. Rychlost pohybu hlemýždě, při teoreticky předpokládaném souvislém pohybu, je asi 7 m v hodině. Hlemýždi se pohybují velmi bezpečně i po ostří nože či žiletky.

A. 4. POZOROVÁNÍ SLOŽENÍ ULITY HLEMÝŽDĚ ZAHRADNÍHO *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Kousek prázdné hlemýždí ulity, roztok 10% HCl, dvě kádinky 300 ml, dvě zkumavky, roztok šťavelanu amonného $C_2O_4(NH_4)_2$, roztok $Co(NO_3)_2$, roztok $FeSO_4$.

✓ *Postup*

Vezmeme dva kousky hlemýždí ulity. Na jeden z nich kápneme 3 kapky 10% HCl na povrchovou konchiolinovou vrstvu, na druhý kápneme rovněž 3 kapky 10% HCl, avšak na vnitřní aragonitovou vrstvu, a pozorujeme. Do kádinky s 10% HCl vložíme kousek hlemýždí ulity. Stejný srovnávací pokus provedeme s ulitou, z níž jsme předtím seškrábali vnější konchiolinovou vrstvu. Přikápneme šťavelan amonný. Ve zkumavce povaříme kousek hlemýždí ulity s $Co(NO_3)_2$, v jiné zkumavce s $FeSO_4$.

✓ *Pozorování*

Vzorek, na který jsme kápli HCl na vnitřní aragonitovou vrstvu ulity, jemně šumí vytěsňovaným CO_2. Vzorek s HCl nakápnutou na vnější konchiolinovou vrstvu nereaguje *(z toho vyplývá, že konchiolin má funkci ochrannou).*

V kádince, v níž je s kyselinou umístěna nepoškozená ulita, zůstane konchiolinová „slupka“. Ve srovnávacím vzorku se ulita s narušeným povrchem celá rozpustí *(aragonit – $CaCO_3$ zreagoval s HCl).* Přidáme-li roztok šťavelanu amonného, vznikne bílá sraženina $(COO)_2Ca$. Při povaření hlemýždí ulity a $Co(NO_3)_2$ se aragonitová vrsva zbarví modrofialově $CoCO_3$. $Co(OH)_2$. V další zkumavce povaříme hlemýždí ulitu v roztoku $FeSO_4$, jehož působením vznikne tmavozelená sraženina $Fe(OH)_2$.

A. 5. POZOROVÁNÍ PŘIJÍMÁNÍ POTRAVY HLEMÝŽĎEM *(30 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Hlemýžď, 3 dkg mouky, 1 dkg práškového cukru, skleněná destička se zabroušenými hranami, Petriho miska, dřevěná tyčinka, lupa, 10% roztok cukru, roztok sacharinu, pipeta.

✓ *Postup*

V Petriho misce umícháme kašičku z mouky, práškového cukru a vody, naneseme ji příčně na směr pohybu hlemýždě a pozorujeme přijímání potravy. Před jiného hlemýždě kápneme roztok cukru a vedle kapku přibližně stejně sladkého roztoku sacharinu a pozorujeme jeho chování.

✓ *Pozorování*

Ze spodní strany skleněné destičky je patrno, jak hlemýžď přijímá potravu lízavými pohyby drsného jazýčku. Hlemýžď z obou předložených roztoků přijímá pouze roztok cukru.

B. POZOROVÁNÍ ŠKEBLE RYBNIČNÉ

I přes rapidně klesající výskyt v posledních 20 letech je **škeble rybničná** *(Anodonta cygnea)* na většině našeho území nejběžněji dostupný druh mlže. Můžeme ji ulovit ze dna při okraji rybníků a slepých říčních ramen, příp. z bahna vypuštěného rybníka *(v potocích a prudce tekoucích řekách je možno ulovit škebli příbuzného velevruba malířského nebo velevruba tupého).* Škeble chováme v akváriích s bahnitým dnem *(velevruby v akváriích se dnem písčitým).* Vzhledem k ohrožení obou druhů se při školním pozorování omezíme jen na pozorování vnější stavby těla, jejího pohybu, příjem potravy a vyvrhování nestrávených zbytků. Strukturu vnitřní stěny lastur pozorujeme na volných lasturách, z odumřelých zvířat, které se poměrně hojně vyskytují v bahně v místech, kde škeble žijí.

B. 1. POZOROVÁNÍ STAVBY TĚLA A POHYBU ŠKEBLE RYBNIČNÉ *(20 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živé škeble rybničné, upravené akvárium s vodními rostlinami, skleněná destička o délce přední stěny akvária, tuš, pipeta.

✓ *Postup*

Škebli umístíme v přední části akvária s bahnitým dnem, kterou od zadní části, v níž jsou vysázeny vodní rostliny, oddělíme po celé délce podélně skleněnou destičkou *(škeble by jinak rostliny při pohybu v akváriu vyrývala)* a pozorujeme. V závěru pozorování v těsné blízkosti zadní *(zúžené)* části těla vypustíme pipetou kapku tuše a zaznamenáme reakci zvířete.

✓ *Pozorování*

Tělo škeble rybničné je souměrné a je kryto dvěma široce klenutými, sytě zelenými lasturami. Tmavší a užší soustředné pruhy jsou přírůstkové zóny zimní, světlejší, širší a lesklé jsou přírůstkové zóny letní. Lastury jsou v hřbetní části těla spojeny vazem. Při podráždění jsou obě lastury k sobě těsně přitisknuty dvěma svalovými svěrači *(vpředu a vzadu).* Nejstarší částí lastury je její nejvyklenutější část – vrchol *(umbo).* Bývá odřený, s odlupující se konchiolinovou vrstvou.

Na samostatné lastuře, získané z odumřelé škeble, vidíme 3 vrstvy *(vnější ochrannou – konchiolin, střední z $CaCO_3$ a vnitřní perleťovou).* Okraje lastur škeble rybničné jsou na rozdíl od velevruba a perlorodek bez zámku, hladké a rovné. Na lastuře rozlišujeme délku a výšku.

Škeble se pohybuje velmi pomalu *(rychlostí asi 20 cm za hodinu)* činností kýlovité nohy, kterou vysunuje při pootevřených lasturách. Širší konec jejího těla je příď, užší konec těla tvoří záď. Na ní jsou zřetelné dva otvory, zvané sifony. Pokusně kápnutím tuše do jejich těsné blízkosti ověříme, že dolní je přijímací a horní vyvrhovací.

Škeble dýchají dvěma páry žaber v plášťové dutině. Jsou odděleného pohlaví, bez zřetelného pohlavního dimorfismu *(výjimečně jsou známy i populace hermafroditické).* Vývoj škeble rybničné je nepřímý. Její larva, parazitující na žábrách ryb, se nazývá **glochidium.**

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

13. útrobním vaku
14. ochrannou
15. chitinem
16. metanefridie
17. přímý
18. žábry
19. měď
20. fosilní hlavonožce
21. oko *(komorové)*
22. přímý
23. rozmnožovací

Výsledky testu:

24b; 25a; 26c; 27a; 28d; 29b; 30d; 31b; 32a; 33a; 34d; 35a

Správná tvrzení:

36 ano; 37 ne; 38 ano; 39 ano; 40 ano; 41 ne; 42 ano; 43 ne; 44 ano

COELOMOVÍ – ČLÁNKOVANÍ STEJNOCENNĚ

(str. 110–113, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

segmentace	chlorocruorin	clitellum
– homonomní	fissiparie	fotofobie
parapodium	nervová soustava	regenerace
cefalizace	– gangliová	hirudin
pygidium	– žebříčkovitá	anamorfóza
mezoderm	trochofora	
disepiment	metatrochofora	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Uveďte charakteristické znaky kmene kroužkovci.
2. Porovnejte tělesnou stavbu mnohoštětinatců a opaskovců.
3. Popište anatomii máloštětinatců.
4. Znáte adaptace pijavic k parazitickému způsobu života?
5. Jaké fylogenetické postavení mají drápkovci?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

6. Stejnocenně článkované tělo mají příslušníci kmene ……
7. Tělní články kroužkovců mají ……
8. Soustředění nervové tkáně a smyslových ústrojů na přední straně těla se nazývá ……
9. Mnohoštětinatci mají vývoj ……
10. Rozpad těla mnohoštětinatců na vícesegmentové útvary se nazývá ……
11. Pokožka žížaly plní i funkci ……
12. Tělo pijavic je shora ……
13. Drápkovci jsou pohlaví ……
14. Homonomně článkovaní měli pravděpodobně společné předky s ……
15. Regenerační schopnost pijavic je ve srovnání s žížalou ……

✓ *Test*

16. **Téměř v každém článku kroužkovce se opakují:**
    a) metanefridie a střevo
    b) pohlavní orgány a cévní soustava
    c) cévní soustava a nervové uzliny
    d) metanefridie a nervové uzliny

17. **Srážení krve nasávané pijavicemi zabraňuje:**
    a) tyflosolis
    b) kokon
    c) hirudin
    d) lepkavý sekret

18. **Pijavice se mohou pohybovat:**
    a) pouze píďalkovitě
    b) panožkami a píďalkovitě
    c) plaváním a panožkami
    d) píďalkovitě a plaváním

19. **K ekologickému zpracování komunálních odpadů se používá:**
    a) potočnice račí
    b) hltanovka bahenní
    c) žížala hnojní
    d) žížala obecná

20. **Pijavice jsou:**
   a) hermafroditi s vývojem přímým
   b) gonochoristé s vývojem nepřímým
   c) hermafroditi s vývojem nepřímým
   d) sladkovodní i mořští hermafroditi

21. **Drápkovci připomínají členovce:**
   a) vzdušnicemi a panožkami
   b) článkovanými tykadly a váčkovitýma očima
   c) chitinovým povrchem těla a vzdušnicemi
   d) podkožním svalovým vakem a panožkami

22. **Pijavice mají ve srovnání s žížalou:**
   a) odlišný způsob dýchání
   b) stejný způsob výživy
   c) stejnou vnější i vnitřní segmentaci
   d) zmnoženou povrchovou segmentaci

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
23. Pokožka mnohoštětinatců je vícevrstevná.	❍	❑
24. Trochofora má na obvodu dva věnce brv.	❍	❑
25. Nereidka pravá žije přisedle.	❍	❑
26. Opaskovci nevytvářejí parapodia.	❍	❑
27. Nervová soustava žížaly prostupuje hřbetní částí jejího těla.	❍	❑
28. Světločivné buňky žížal, rozlišující pouze světlo a tmu, se nazývají faosomy.	❍	❑
29. Ve střevě pijavic žijí mikroorganismy, které konzervují nasátou krev.	❍	❑
30. Drápkovci svou kořist znehybňují lepivým sekretem.	❍	❑
31. V důsledku parazitického způsobu života dochází k degeneraci smyslových ústrojů.	❍	❑

Praktická cvičení

20. Pozorování kroužkovců

U nás typickým a běžně rozšířeným kroužkovcem je **žížala obecná** *(Lumbricus terrestris)*. Žije v půdě v chodbičkách, vytvářených jednak stlačováním půdních částic přední částí těla při pronikání půdou, jednak tím, že se živí odumřelou organickou hmotou *(převážně tlejícím listím, jsou však všežravé, živí se tedy i řasami, bakteriemi, prvoky, podhoubím i výtrusy hub atp.)*, čímž si v půdě „prožírají“ chodbičky. Systém žížalích chodeb *(na jednom aru ornice žijí desetitisíce žížal)* přispívá k provětrávání půdy. Svým zažívacím traktem půdu velmi účinně převrstvují, přispívají k vytváření humusu, a tím k zúrodňování půdy.

Po dešti, kdy je systém žížalích chodeb zaplaven vodou, zprvu vyhledávají vodu bohatší kyslíkem. Posléze však *(i přes svou negativní fototaxi)* z nedostatku kyslíku vylézají na povrch. Při osvětlení přímým slunečním světlem delším než tři hodiny ztrácejí schopnost zalézt zpět do země a uhynou.

Pro účely pozorování sbíráme jedince s dobře vyvinutým opaskem. Chováme je v bedýnce zakryté skleněnou deskou. Vrstvíme v ní kompostovou zeminu s pískem a tlejícím listím. Pravidelně přiměřeně navlhčujeme. Krmíme je jednou týdně mokrým listím, ve vodě zavařenou krupicí, případně uvařenou a vychladlou zeleninou. Zbytky potravy po dvou dnech odstraníme, aby nezplesnivěly.

A. 1. POZOROVÁNÍ TĚLESNÉ STAVBY A CHOVÁNÍ ŽÍŽALY *(20 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živé žížaly, filtrační papír, voda, Petriho miska, neprůhledný černý papír, tupý špendlík.

✓ *Pozorování*

Tělo žížaly je na příčném řezu válcovité, v přední části se dlouze kuželovitě zužuje, v zadní části je ztluštělé a tupě kuželovité. Žížala mívá zpravidla 100–180 tělních článků. Jejich počet se u starších jedinců zvětšuje činností růstové zóny v zadní pětině těla. Vnějšímu členění odpovídá i vnitřní segmentace těla. 32.–37. článek jsou zduřelé a tvoří žlaznatý **opasek**. Hřbetní část těla je pigmentována tmavěji *(prosvítá hřbetní céva)*, břišní část těla je světlejší. Po stranách na břišní straně má žížala štětinky, jimiž se opírá o podklad. Při jejím pohybu na suchém hladkém papíře slyšíme šustění *(štětinky klouzají po hladkém podkladu)*. Žížala vyhledává tmavé a vlhké prostředí. Zkropíme-li filtrační papír tak, aby se střídala suchá a vlhká místa, pak v kontaktu se suchým místem vykonává přídí svého těla krouživé pohyby a čelním lalokem vyhledává vlhčí prostředí, na něž se přesunuje.

Leží-li na souvisle navlhčeném filtračním papíře, reaguje při podráždění těla tupým špendlíkem následovně:

– při podráždění přídě leze dozadu *(vlny svalových stahů směřují odzadu dopředu)*,

– při podráždění střední části těla se oba konce těla vypínají odstředivě *(vlny svalových stahů směřují v přední i zadní části těla od konce ke středu)*,

– při podráždění zadní části těla se žížala pohybuje vpřed *(stahové vlny směřují odpředu dozadu)*.

Přitom se žížala vždy opírá o podklad. Při zpětném pohybu jsou štětinky obráceny dopředu, což v přírodě umožňuje zalézání do podzemních chodbiček, vtahování listí do země atp.

Fototaxi žížal ověříme jejich umístěním na vlhký filtrační papír v Petriho misce vystavené přímému světlu, která je zpola zacloněna neprůhledným černým papírem tak, aby hranice zatemněné a nezatemněné části šla ve směru světelných *(slunečních)* paprsků. Žížaly se stahují do zatemněné části misky *(důkaz negativní fototaxe)*.

A. 2. POZOROVÁNÍ PŘÍJMU POTRAVY ŽÍŽALOU

(v dvouhodinových intervalech asi 48 hodin)

✓ *Materiál a pomůcky*

Živé žížaly, mírně navlhčená kompostová zemina, bedýnka s boční skleněnou stěnou, tmavá místnost *(fotokomora)*, osvětlení červenou žárovkou, listy různých dřevin.

✓ *Postup*

Na povrch hlíny v bedýnce dáme trochu mokrého listí a při červeném světle pozorujeme chování žížal.

✓ *Pozorování*

Žížaly po chvíli ve tmě vylézají na povrch a krouživými pohyby přídě těla vyhledávají potravu. Listy uchopují svými ústy a zatahují je do svých chodeb tak, aby list kladl co nejmenší odpor *(řapíkem, příp. brachyblastem napřed, list se přitom kornoutovitě stáčí)*. V chodbičkách žížaly listy zvlhčují svými sekrety, obsahujícími celulolytické bakterie, které rozkládají listovou hmotu. S určitým časovým odstupem pak žížaly rozkládající se listový parenchym vysávají.

Vzhledem k nízké nutriční hodnotě konzumované organické hmoty mají žížaly relativně značnou spotřebu potravy. Humifikované zbytky vylučují obvykle při ústí svých chodbiček jako věžovité kupky výkalů. Přispívají tak nejen k jeho rozkladu a mineralizaci, ale půdu rovněž účinně převrstvují *(vzhledem ke své početnosti je je-*

jich schopnost převrstvit ornici za 4–6 let stejně účinná jako při orbě pluhem). Žížaly jsou tedy nezastupitelným činitelem přispívajícím k ekologické stabilitě krajiny. *(Příbuzná žížala hnojní se používá k výrobě zahradnického substrátu Vermikompostu, nejnověji i k efektivnímu zpracovávání komunálního odpadu atp.)*

A. 3. PITVA ŽÍŽALY *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Statný jedinec žížaly obecné nebo žížaly hnojní, Petriho miska, pinzeta, 60% alkohol, 0,9% roztok NaCl, pitevní miska, špendlíky, jemné a ostré laboratorní nůžky, lupa a preparační jehla.

✓ *Postup*

Žížalu usmrtíme vložením do 60% alkoholu *(nebo 1% HCl)* na dobu asi 30 minut, opláchneme slanou vodou a břišní stranou položíme na parafinovou plochu pitevní misky. Příď a záď připevníme špendlíky. Pinzetou nadzdvihneme pokožku a jemnými nůžkami ji nastřihneme. Podélný řez vedeme podkožní svalovinou těsně vedle hřbetní cévy směrem k hlavě opatrně tak, abychom nepoškodili vnitřní orgány *(zejména abychom neprostřihli hřbetní cévu)*. Pokožku i svalovinu odchlipujeme do stran a upevňujeme šikmým zapichováním špendlíků. Následně obdobným způsobem otevřeme tělní dutinu žížaly směrem k zádi těla. Opatrně prostřihováme přepážky mezi tělními články *(desepimenty)*. Vnitřní orgány pozorujeme volným okem, lupou zvětšující 3–10krát, zakreslíme a popíšeme.

✓ *Pozorování*

Trávicí soustava žížaly prostupuje středem jejího těla. Začíná ústním otvorem pod čelním lalokem a na posledním tělním článku vyúsťuje otvorem řitním. Od 3. článku následuje hltan. V tomto místě se na jeho předním konci nachází bělavé tělísko – mozková uzlina. Na hltan se napojuje svalstvo, umožňující jeho rozšíření a stažení dozadu. Vnitřní stěny hltanu jsou vystlány žláznatými buňkami vylučujícími hlen, který usnadňuje posun potravy trávicí trubicí a obsahuje enzymy trávící bílkoviny. Na úrovni 6. tělního článku začíná zúžený jícen *(6.–13. článek)*, který na úrovni 10.–12. článku je rozšířen ve tři páry váčků, vylučujících $CaCO_3$, s funkcí neutralizace konzumovaných huminových kyselin z potravy a regulace pH vnitřních tekutin. Následuje kulovité vole, které na úrovni 16. článku přechází ve žvýkací svalnatý žaludek, v němž se potrava rozmělňuje. Jeho vnitřní stěna je vystlána kutikulou. Na úrovni 19. tělního článku začíná přímé střevo. Je pokryto žlutou vrstvou kyjovitých chloragogenních buněk, v nichž se ukládá tuk a glykogen. Na úrovni asi 50. tělního článku můžeme střevo přestřihnout, řeznou plochu opláchnout vodou a lupou pozorovat vnitřní střevní řasu *(tyflosolis)* s funkcí zvětšení trávicí plochy střeva *(a tedy dokonalejšího využití potravy chudé na živiny)*.

Žížala nemá zvláštní dýchací orgány. Dýchá celým povrchem těla, který je silně prokrven a ve funkčním stavu *(výměna plynů se uskutečňuje pouze tehdy, je-li pokožka žížaly vlhká)* udržován vylučováním slizu z jednobuněčných epiteliálních žláz.

Cévní soustava žížaly je uzavřená, krevní barvivo je rozpuštěno v plazmě. Centrem cévní soustavy žížaly je stažitelná hřbetní céva uložená nad střevem, která tlačí krev směrem v hlavové části těla. Na úrovni 7.–11. tělního článku z ní vystupují tepající spojky se silnou svalovinou a s chlopněmi, zabraňujícími zpětnému toku krve. Spojky ústí do nestažitelné břišní cévy pod střevem. Cévní systém žížaly je uzavřený, bohatě se větví, zásobuje živinami pokožku a vnitřní orgány navíc i kyslíkem a umožňuje také vylučování zplodin látkové přeměny metanefridiemi.

Funkci vylučovací soustavy plní metanefridie, které se s výjimkou prvních tří a posledního článku ve všech tělních článcích opakují. Jsou vždy párové a jsou uloženy po stranách střeva. Každé metanefridium je tvořeno obrvenou nálevkou a vinutým kanálkem, který vyúsťuje v následujícím tělním článku. Pro naše pozorování jsou nejvhodnější metanefridie v 13.–20. článku, které jsou největší.

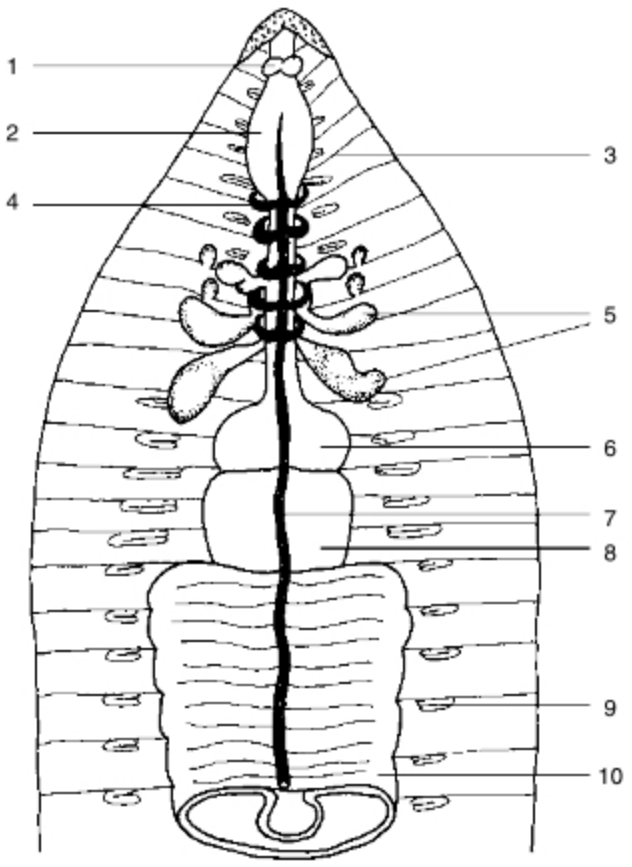
Pohlavní orgány žížaly se nacházejí v přední třetině těla. Jako hermafroditi mají žížaly vyvinuta varlata *(dva páry)* i vaječníky *(jeden pár)*. Po páru varlat se nachází v přední části 10. a 11. tělního článku. V nich se tvoří spermie, které dozrávají ve třech semenných váčcích. První z nich se vychlipuje z přepážky mezi 9. a 10. článkem *(směrem dopředu)*, druhý z přepážky mezi 10. a 11. článkem *(směrem dozadu)* a tře-

tí z přepážky mezi 11. a 12. tělním článkem *(tento váček zasahuje až do 14. tělního článku)*. Samičími pohlavními orgány jsou vaječníky. Žížaly mají jediný pár vaječníku uložen ve 13. tělním článku *(na přepážce mezi 12. a 13. tělním článkem)*. Zralá vajíčka se ukládají v přiléhajících vaječných váčcích, z nichž jsou odváděna do 14. článku, kde vejcovody vyúsťují na povrch. Vajíčka bývají kladena v kokonech.

Žížaly se páří koncem jara a v létě za vlahých a teplých nocí tak, že zadní částí těla zůstávají v podzemních chodbičkách a přední částí těla se přikládají k sobě. Opasek jednoho jedince přiléhá k 9.–11. tělnímu článku jedince druhého. Kožní žlázy přitom vylučují sekret, který oba jedince pojí. Semennou rýhou jsou spermie nasávány do zásobních váčků kopulujícího partnera, přičemž se oba jedinci vzájemně dráždí zabodáváním štětinek. Vajíčka jsou kladena se značným časovým odstupem po páření tak, že v místě opasku se tvoří postupně tuhnoucí hlenovitý prstenec, který je stahován přes přední tělní články a mění se v kokon. Při jeho stahování přes 14. tělní článek do něj žížala vtláčí vajíčko a několik spermií. K oplození vajíčka dochází až v kokonu ve vlhké půdě, kde jeho vývoj trvá asi tři týdny. Žížaly dospívají zpravidla v následujícím roce. Schopnost pohlavního rozmnožování mají několik let. Mohou se dožít až 10 let.

Odstraníme-li při pitvě trávicí a pohlavní soustavu, můžeme na břišní straně těla žížaly pozorovat nervovou soustavu, která je žebříčkovitého typu.Ve 3. tělním článku je nadhltanová uzlina s nervovými vlákny čelního laloku, která dvěma nervovými pruhy obepíná hltan a spojuje se s 1. gangliem břišní nervové pásky. Ta má v každém tělním článku uložena dvě ganglia spojená těsně u sebe ležícími nervovými pruhy.

Ze smyslových ústrojů u žížaly převládají hmatové a světločivé buňky, které jsou roztroušeny v její pokožce, zejména v přední části těla. Technické prostředky dané školními podmínkami prováděné pitvy však jejich pozorování neumožňují.



Anatomie přední části těla žížaly obecné
(pohled shora)
1 – mozkové ganglium, 2 – hltan, 3 – mezičlánková přepážka,
4 – srdce, 5 – semenné váčky, 6 – přední část žaludku,
7 – hřbetní céva, 8 – žaludek,
9 – vyústění metanefridií, 10 – střevo

B. 1. POZOROVÁNÍ PIJAVIC *(20 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Různé druhy pijavic, akvárium, žížala, určovací klíč, asi 5mm drátěné síto, poznámky.

✓ *Postup*

Pijavice, získané sběrem na kamenech v mírně tekoucích řekách nebo propráním rybničního bahna, resp. sběrem na oslabených rybách při výlovu rybníka, přeneseme do akvária a pozorujeme.

✓ *Pozorování*

Všímáme si stavby těla pijavic i způsobu jejich pohybu po podkladu a ve vodě. Pokusíme se je určit podle klíče. Necháme je několik dnů vyhladovět a posléze vhodíme do akvária žížalu nebo menší rybku a pozorujeme přijímání potravy.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

6. kroužkovci, drápkovci, želvušky a jazyčnatky
7. shodný vzhled
8. cefalizace
9. nepřímý
10. fissiparie
11. dýchací
12. zploštělé
13. odděleného
14. měkkýši
15. kokonu

Výsledky testu:

16d; 17c; 18d; 19c; 20a; 21c; 22d

Správná tvrzení:

23 ne; 24 ano; 25 ne; 26 ano; 27 ne; 28 ano; 29 ano; 30 ano; 31 ano

COELOMOVÍ – ČLÁNKOVANÍ NESTEJNOCENNĚ

(str. 113–135, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

segmentace
– heteronomní
kostra vnější
kutikula
chelicery
pedipalpy
makadla
hlavohruď
cephalothorax
ixodin
trubice
– Malpighiovy
trávení
– mimotělní
dimorfismus
– pohlavní
larva
proměna
– nedokonalá
– dokonalá
kukla
instar
hmyz
– starokřídlý
– novokřídlý
kanibalismus
– manželský
brvy
– mechanoreceptorické
encefalitida
ohnisko nákazy
svrab
varroáza
zoëa
nauplius
partenogeneze
efipium
ekdyzon
ekdyze
rakůvky
kasty pohlavní
parazitoid
oči stopkaté
telzon
vzdušnicovci
krytky
krovky
polokrovky
kyvadélka
kladélko
žihadlo
oko složené
nymfa
hmyz společenský
hálka

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Srovnejte tělesnou stavbu členovců a mnohoštětinatců.
2. Jak jsou utvářeny první dva páry končetin jednotlivých podkmenů členovců?
3. Popište tělesnou ústrojnost trilobita.
4. Jaké jsou zvláštnosti anatomické stavby těla pavouka?
5. Vyjmenujte a krátce charakterizujte jednotlivé řády pavoukovců.
6. V čem spočívá nebezpečí při sání klíštěte?
7. Srovnejte anatomickou stavbu perloočky a raka říčního.
8. Jaký je význam hmyzu v přírodě?
9. Na příkladu včely popište tělesnou stavbu hmyzu.
10. Vysvětlete rozdíl mezi proměnou nedokonalou a dokonalou a zařaďte do těchto skupin nejznámější řády hmyzu.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

11. U těla členovců rozlišujeme ……
12. Svalstvo členovců se upíná a prochází ……
13. Pavouci dýchají ……
14. Příznačnou schopností sekáčů je ……
15. Druh pavouka schopný života ve vodě se nazývá ……
16. Český lék proti varroáze se jmenuje ……

17. Druhý pár tykadel perloočky slouží k ……
18. Nestejně velká klepeta mají ……
19. Samečkové pavouků jsou ve srovnání se samičkami vždy ……
20. Svlékání členovců je řízeno ……
21. Statický orgán raka je uložen v ……
22. Chvostoskoci žijí v ……
23. Čich hmyzu je soustředěn na ……
24. Druhý pár křídel dvoukřídlého hmyzu je zredukován na ……
25. Co společného mají pakobylka indická, perloočka a mšice? (……)

✓ *Test*

26. **U hmyzu si kráčivou funkci zachovaly:**
    a) končetiny na zadečku
    b) první tři páry končetin
    c) končetiny na hrudi
    d) končetiny na hlavohrudi

27. **Trilobiti žili zejména:**
    a) ve vlhké půdě
    b) v triasu
    c) v třetihorních mořích
    d) v prvohorách

28. **Největší dosud známí členovci jsou:**
    a) kyjonožci
    b) solifugy
    c) garnáti
    d) tropičtí termiti

29. **Klepítka pavoukovců slouží zejména:**
    a) k dělení potravy na sousta
    b) k vysávání kořisti
    c) ke snování pavučin
    d) k produkci jedu

30. **Roztoč varroa:**
    a) parazituje v 1. páru včelích vzdušnic
    b) parazituje na vývojových stadiích včely medonosné
    c) způsobuje kožní onemocnění
    d) parazituje v peří ptáků

31. **Partenogeneze je:**
    a) forma ektoparazitizmu
    b) rozmnožování bez účasti samečků
    c) vývojové stadium kraba
    d) schopnost přežít nepříznivé podmínky

32. **Stonožka má:**
    a) 100 noh a příčný řez tělem kruhový
    b) na každém tělním článku dva páry noh
    c) na každém tělním článku 1 pár vzdušnic
    d) krátká tykadla a nohy pod tělem

33. **K primárně bezkřídlému hmyzu patří:**
    a) veš dětská
    b) rybenka domácí
    c) blecha morová
    d) pakobylka indická

34. **Mezi společenský hmyz** *(společenstva vyššího řádu)* **řadíme:**
    a) včely a rojící se generace jepic
    b) včely, mravence a termity
    c) vši, blechy a mravence
    d) včely, vosy, lumky a dřevokazné brouky

35. **U kudlanek se vyskytuje:**
    a) manželský kanibalismus
    b) symbióza s mšicemi
    c) mateřský feromon
    d) přenos encefalitidy

36. **Krovky jsou:**
    a) křídla tropických sarančat
    b) typické pro noční motýly
    c) první pár křídel brouků
    d) kladélka samiček lumčíků

37. **Hálky jsou:**
    a) novotvary rostlinných pletiv způsobené žlabatkami
    b) holožíry smrkových porostů
    c) potravní specializace samotářských vos
    d) šupinky na křídlech subtropických motýlů

38. **Pohlavnost včelích dělnic je potlačena:**
    a) přítomností trubců
    b) opylovací schopností včel
    c) životem v dutinách stromů
    d) feromonem matky

39. **Larvy chrostíků se vyvíjejí:**
   a) v tlejícím listí
   b) v plodnicích hub
   c) pod kůrou stromů
   d) ve vodě

40. **Přírodní hedvábí produkují:**
   a) chlupaté housenky přástevníků
   b) housenky bource morušového
   c) housenky obalečů
   d) housenky a kukly lišajů

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
41. Jedno z největších nalezišť trilobitů v Evropě je jižně od Prahy *(Barrandien).*	○	❑
42. Kutikula krunýře členovců je nepropustná pro vzduch.	○	❑
43. Dvouvětevné končetiny trilobitů měly funkci pohybovou a dýchací.	○	❑
44. Larva ostrorepa je podobná trilobitu.	○	❑
45. Pavouk má složené oči.	○	❑
46. Cévní soustava pavoukovců je uzavřená.	○	❑
47. Ixodin klíšťat má protisrážlivou funkci.	○	❑
48. Larvy roztočů mají 3 páry končetin.	○	❑
49. Raci mají vývoj přímý.	○	❑
50. Zimní vajíčka perlooček se nazývají efipia.	○	❑
51. Raci jsou hermafroditi.	○	❑
52. Kapřivci jsou ektoparazity ryb.	○	❑
53. Vývojové stadium hmyzu se nazývá instar.	○	❑
54. Termiti jsou fotofobní.	○	❑
55. Samečkové hmyzu mají menší tykadla než samičky téhož druhu.	○	❑
56. Čmeláci zimují prostřednictvím mladé matky oplozené v minulém roce.	○	❑
57. Denní motýli mají mohutně vyvinuté hrudní svalstvo.	○	❑
58. Členovci mají vývojový vztah k mnohoštětinatcům.	○	❑
59. Samečkové ováda hovězího způsobují sáním krve bolestivé otoky.	○	❑
60. Nejpůvodnějšími vzdušnicovci jsou mnohonožky.	○	❑

Praktická cvičení

21. Pozorování členovců

A. POZOROVÁNÍ KLEPÍTKATCŮ *(30 minut)*

Vhodným objektem pro pozorování tělní stavby i životních projevů klepítkatců jsou **pavouci**. Pozorování jejich životních projevů je možno úspěšně provádět v přirozeném prostředí, v němž se vyskytují. Všímáme si konstrukce jejich pavučin *(porovnejte odlišnost stavby pavučiny křižáků a pokoutníků).* Pozorujte pavouka při stavbě pavučiny. Pokuste se ho vylákat z úkrytu přiložením kmitající ladičky k jeho pavučině. Do pavučiny vhoďte chycenou živou mouchu a pozorujte prvotní reakci pavouka *(znehybnění a zapředení kořisti).*

Tělesnou stavbu pavouka můžeme nejlépe zkoumat lupou na jedinci dočasně umístěném v epruvetě. Zde vidíme členění těla na hlavohruď, stopkovitě napojený zadeček, hmatové brvy, oči, dvoučlenné chelicery, pedipalpy, kráčivé končetiny a na břišní straně zadečku snovací žlázy.

B. POZOROVÁNÍ KORÝŠŮ

Představitelem korýšů, běžně dostupným ve vegetačním období téměř ve všech typech našich vod *(nejčastěji v rybnících)*, je perloočka **hrotnatka obecná** *(Daphnia pulex)*. Ve stojatých vodách ji můžeme snadno ulovit protisměrným pohybem síťky, zhotovené z punčochy našité na ohnutém silném drátu upevněném na tyči. Přenášíme ji v rybniční vodě v okurkových láhvích *(z bezpečnostních důvodů lépe v plastikových nádobách)*. Dbáme, aby jich nebylo v láhvi příliš mnoho, v krátké době by vydýchaly kyslík a hromadně by uhynuly. *(Pokud uhynou, konzervujeme je ihned ve 4% roztoku formalinu).*

V laboratořích živé perloočky přelijeme do akvária osázeného rostlinami *(bez ryb!)*, příp. do akvária s umělou ventilací. Můžeme je chovat ale i v bazénu, příp. v kádi s rybniční vodou na zahradě. Jednou týdně přidáváme do akvária několik ml močůvky, příp. několik dkg čerstvého koňského trusu. Vytvoří se tak prostředí vhodné pro život mikroorganismů, které jsou potravou perlooček.

Nemáme-li přírodní zdroj, můžeme perloočky zakoupit ve Zverimexu a přechovávat ve vodě v Petriho misce v chladničce. *(Obdobným způsobem můžeme lovit i chovat v laboratoři buchanky (Cyclops sp.)).*

B. 1. POZOROVÁNÍ TĚLESNÉ STAVBY A ZÁKLADNÍCH ŽIVOTNÍCH FUNKCÍ PERLOOČKY *(45 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živé perloočky, akvárium, skleněná kyvetka, skleněná pipeta, kapátko, hodinkové sklíčko, podložní sklíčko s jamkou, lupa, mikroskop, 0,01% roztok methylenové modři, suspenze tuše, 0,01% roztok hydrogensiřičitanu sodného, 0,1% roztok alizarinu *(rozpouštět za tepla, nechat vychladnout)*, kousek ledu.

✓ *Postup*

Perloočky pozorujeme nejdříve v akváriu nebo ve skleněné kyvetce při přirozeném pohybu ve vodním prostředí. Pipetou nebo kapátkem ji přeneseme na podložní sklíčko s vybroušenou jamkou, přikryjeme krycím sklíčkem a všímáme si tvaru jejího těla, její vnitřní stavby, dýchacích pohybů, činnosti srdce, tvaru a zbarvení trávicí soustavy, stavby složeného oka a plodové komůrky s vyvíjejícími se vajíčky.

✓ *Pozorování*

Perloočka plave ve vodě máchavými pohyby mohutně vyvinutého druhého páru tykadel *(antény)*, která mají základní článek *(protopodit)* a dvě větve. Vnější větev je čtyřčlenná *(exopodit)*, vnitřní větev je tříčlenná *(endopodit)*. Obě jsou hustě pokryty štětinkami, které při prudkém máchnutí tykadly dolů umožňují stoupavý pohyb těla směrem dozadu a v klidu zmírňují rychlost klesání. Vzniká tak pro perloočky typický „skákavý pohyb“ vzad. Při rychlejší frekvenci pohybu tykadel perloočka stoupá k hladině, při nižší frekvenci zůstává na místě, příp. klesá ke dnu. Na sklíčku pod mikroskopem můžeme pozorovat mohutné pohybové svalstvo tykadel, upínající se na hřbetní části hlavového konce těla perloočky.

Perloočka je ze stran zploštělá. Má nečlánkované tělíčko kryté průhlednou chitinovou schránkou. Ta přilbovitě kryje zřetelně odlišenou hlavu. V místě ústního otvoru vybíhá v rypákovitý výběžek. Tělo perloočky je ve hřbetní části k schránce přirostlé. Schránka dole vybíhá v trn a tělo po stranách dvouchlopňovitě objímá. *(Je zajímavé, že perloočka za vhodných teplotních a potravních podmínek obměňuje hmotu své schránky každých 48 hodin, což jí umožňuje intenzivní růst a relativně dobře sledovatelné sezónní změny tělesných proporcí.)* Břišní část těla perloočky je ve schránce pohyblivá.

Na hlavě perloočky lze pozorovat u samiček zakrnělý první pár tykadel *(antenuly)* s funkcí smyslovou. Perloočky mají nápadné složené oko, vývojově vzniklé splynutím původně dvou očí. Je tvořeno 22

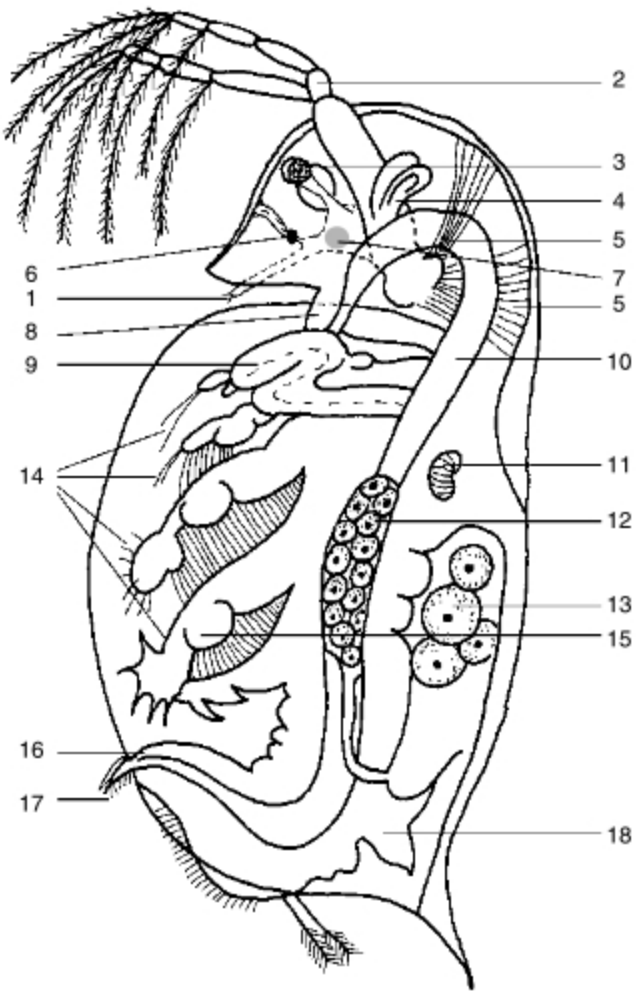
očky *(omatidia)* a je ovládáno svalstvem. Je mimořádně citlivé na vnímání intenzity světla. Rozlišuje však pouze světlo a tmu a nemá schopnost vnímat tvar. Pod okem se nachází nervová uzlina.

Uvnitř hlavy pozorujeme začátek trávicí trubice *(kusadla ústního otvoru jsou málo zřetelná)*. Ke kusadlům přichází mikroskopická potrava filtrovaná z vody štětinkami hrudních nožek. Jícen je zúžený. Následuje široké střevo, které tělem prochází jako tmavý pruh ve tvaru písmene J. Trávicí trubice končí na konci těla pod rozeklaným hřebínkem *(furkou). Je dobře viditelná při barvení alizarinem.* V místě, kde střevo prochází svalstvem upínajícím se na antény, ústí do něj slinivkojaterní žláza. Těsně pod hlavou *(asi v třetině těla shora)* lze na břišní straně těla při správném clonění vidět i čelistní žlázu, která má vylučovací funkci.

Na břišní straně těla má perloočka 5 párů volně pohyblivých lupínkovitých hrudních nožek s měchýřkovitě rozšířenými žaberními výběžky *(epipodity)* a jemnými hřebenitými brvami s funkcí filtrace mikroskopické potravy.

Cévní soustava perloočky je tvořena výhradně jednoduchým váčkovitým srdcem s kruhovitou svalovinou, které je uloženo ve hřbetní části těla nad střevem. Srdce perloočky má frekvenci asi 200 tepů za minutu. Při velkém zvětšení lze v kvalitním mikroskopu podle bílých krvinek pozorovat pohyb krvomízy v okolí srdce směrem k hlavě a tykadlům.

Po stranách střeva mají samičky perlooček umístěny vaječníky. Pod srdcem se nachází plodová komůrka s vajíčky v různém stupni vývoje. Vývoj perlooček je přímý. Perloočky se na jaře a v létě rozmnožují pouze partenogeneticky. Plodová komůrka je uzavřena dvěma výběžky *(spina)*. Část zadečku za nimi se nazývá postabdomen. Plodovou komůrku perloočka otevírá přitažením mimořádně pohyblivého zadečku pod tělo k hrudním nožkám. Na zadečku je rozeklaný hřebínek, jímž perloočka filtrační brvy svých hrudních nožek čistí.



Anatomie hrotnatky obecné
1 – první pár tykadel *(antenuly)*, 2 – druhý pár tykadel *(anteny)*, 3 – oko, 4 – hepatopankreas, 5 – pohybové svalstvo, 6 – naupliové oko, 7 – mozková zauzlina, 8 – kusadla, 9 – čelistní žláza, 10 – střevo, 11 – srdce, 12 – vaječník, 13 – plodová komůrka s vyvíjejícími se vajíčky, 14 – hrudní nožky, 15 – žaberní lupínek s filtračními brvami, 16 – otvor řitní, 17 – furkální drápky, 18 – uzávěr plodové komůrky

B. 1/1. K perloočce, jejíž trávicí soustavu chceme pozorovat, přikápneme na podložním sklíčku kapku tušové suspenze. *(Tuš se zachycuje na filtračních brvách končetin. Její částečky jsou posunovány k ústnímu otvoru, kde jsou nasávány stahy jícnu do trávicí trubice, která se vybarví černě.)*

B. 1/2. K další perloočce přikápneme na podložním sklíčku velmi zředěný roztok methylenové modři *(1 ml 1% roztoku vlijeme do 100 ml vody). (Asi po 10 minutách pozorujeme vybarvení brv na tykadlech, svaloviny druhého páru tykadel, srdce, brv na hrudních nožkách a vajíček v plodové komůrce.)*

B. 1/3. K jiné perloočce na podložním sklíčku přikápneme kapku methylenové modři a kapku roztoku hydrogensiřičitanu sodného. *(Roztok se odbarví, protože vzniká bezbarvá leukomethylenová modř, která se oxidací na žaberních lupíncích při dýchání perloočky mění zpět v methylenovou modř.)*

B. 1/4. U další perloočky na podložním sklíčku pozorujeme činnost srdce a zaznamenáváme frekvenci jeho stahů při pokojové teplotě a po několika minutách ochlazení položením preparátu na kousek ledu. *(Frekvence tepů se po ochlazení zpomalí asi na polovinu /ze 6 tepů na 2–3 tepy za sekundu/.)*

B. 1/5. K jiné perloočce přikápneme do vody v Petriho misce velmi zředěný chladný roztok alizarinu. *(Její nervová soustava se vybarví modře.)*

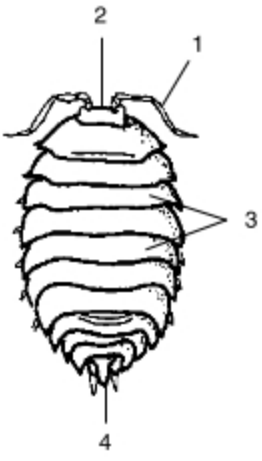
B. 1/6. Další perloočku v kapce vody na podložním sklíčku s jamkou přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme její oko v zatemněné místnosti při jednostranném osvětlení baterkou, jíž kroužíme kolem stolu. *(Perloočka pohybuje svým složeným okem, jímž přesně sleduje pohyb světelného zdroje.)*

B. 1/7. Perloočky v láhvi od okurek v zatemněné místnosti osvětlíme žárovkou ze vzdálenosti 50 cm. Asi po půlhodině žárovku náhle vzdálíme o 100 cm. *(Perloočky reagují na změnu intenzity osvětlení. Vzdálíme-li světlo, vyplouvají k hladině. Vrátíme-li ho po chvíli do původní polohy, klesají opět ke dnu.)*

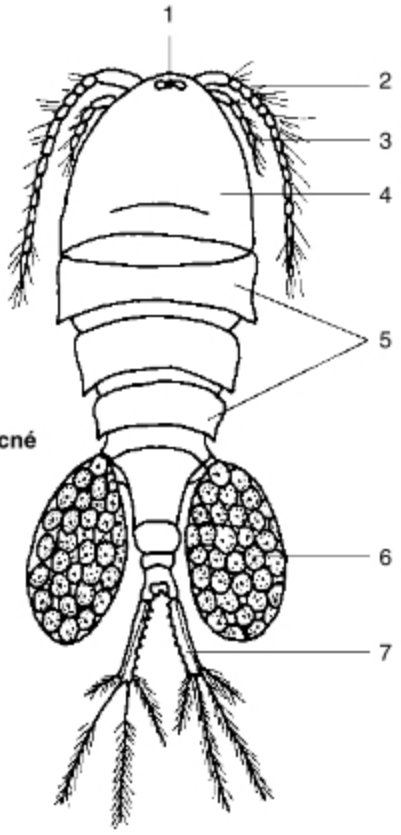
Anatomii korýšů a jejich charakteristické projevy můžeme pozorovat i na jiných zástupcích, např. na listonozích s plochým hřbetním štítem, na žábronožkách *(ze stran zploštělé tělo a charakteristický pohyb hřbetem dolů)*, na lasturnatkách *(plavou oběma páry tykadel)*, na buchankách *(plavou činností 1. páru tykadel, mají hlavohruď a 4 volné hrudní články, samičky mají pár vaječných váčků)*, na blešivcích *(při jejich typicky bočném pohybu vodou)*, na beruškách vodních adaptovaných k životu u dna stojatých vod, příp. na stínkách, které jsou se svinkami jedinými korýši přizpůsobenými k suchozemskému způsobu života.

Pozorování raka říčního, který by svou velikostí mohl být didakticky nejnázornějším modelem korýše, vzhledem k jeho všeobecnému ohrožení nedoporučuji.

Stavba těla korýšů



Stínka obecná *(pohled shora)*
1 – druhý pár tykadel
2 – hlava
3 – tělní články
4 – telson



Anatomie buchanky obecné
(samička)
1 – oko
2 – první pár tykadel
3 – druhý pár tykadel
4 – hlavohruď
5 – volné hrudní články
6 – váček s vajíčky
7 – vidlička *(furka)*

C. POZOROVÁNÍ VZDUŠNICOVCŮ

Z podkmene vzdušnicovci můžeme pro svá pozorování vybrat desítky druhů, které můžeme běžně ulovit v přírodě *(např. chroust obecný, saranče vrzavé, vosa útočná, bělásek zelný, stonožka škvorová)*, získat z domácího chovu *(odumřelé dělnice včely medonosné z úlových podložek v předjaří)* nebo z chovů laboratorních *(šváb americký, cvrček domácí, pakobylka indická)*. Při odchytu v přírodě volíme vždy druhy nechráněné a běžně se vyskytující v počtu nezbytném pro potřebu svých pozorování.

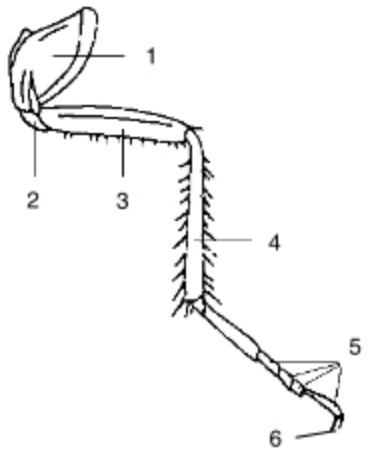
Vzhledem k mimořádnému významu pro ekologickou stabilitu krajiny *(opylovací schopnost)* a mnohostranný užitek *(med, vosk, propolis, mateří kašička, včelí jed)* považuji z didaktického hlediska za mimořádně vhodné zevrubné poznání morfologie, anatomie a životních projevů včely medonosné.

✓ *Materiál a pomůcky*

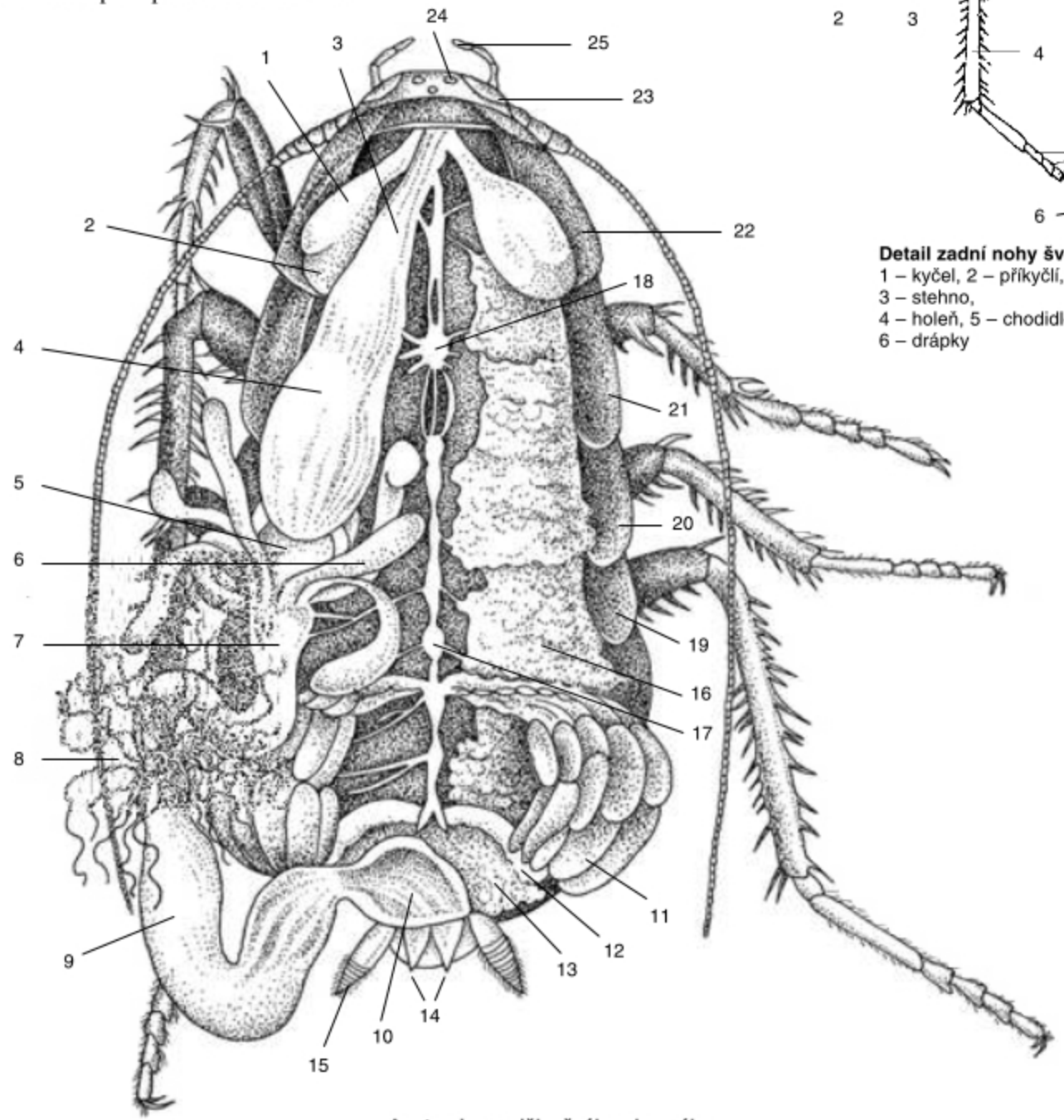
Jedinec příslušného druhu hmyzu, éter, kónická baňka se zátkou, kapátko, pitevní miska, pinzeta, jemné nůžky, žiletka, špendlíky, lupa, potřeby pro mikroskopování, mikroskop.

✓ *Postup*

Hmyz usmrtíme několika kapkami éteru nebo chloroformu v zazátkované kónické baňce. Pozorujeme lupou, příp. oddělené části těla mikroskopem při malém zvětšení.



Detail zadní nohy švába
1 – kyčel, 2 – příkyčlí,
3 – stehno,
4 – holeň, 5 – chodidlo,
6 – drápky



Anatomie samičky švába obecného
1 – slinná žláza, 2 – nádržka slinné žlázy, 3 – jícen, 4 – vole se vzdušnicemi, 5 – žvýkací žaludek, 6 – slepé výběžky střeva, 7 – žaludek, 8 – Malpighiovy trubice, 9 – střevo, 10 – konečník, 11 – vaječníky, 12 – vejcovod, 13 – přídatné žlázy, 14 – chlopně *(superanální destičky)*, 15 – cerky, 16 – tukové těleso, 17 – břišní nervová páska, 18 – hrudní nervová uzlina, 19 – první zadečkový štítek, 20 – štít zadohrudi, 21 – štít středohrudi, 22 – štít předohrudi, 23 – složené oko, 24 – očko, 25 – čelistní makadlo

✓ *Pozorování*

Všímáme si celkové stavby těla a jeho členění na hlavu, hruď a zadeček. Na hlavě pozorujeme tvar a velikost tykadel, složené oči, temenní očka a typ ústního ústrojí. Dále pozorujeme hrudní články, z nichž vyrůstají na hřbetní části těla dva páry křídel *(ze středohrudi a zadohrudi)*, a rovněž stavbu článkovaných končetin, které kromě funkce kráčivé mohou vykonávat i funkce další, k nimž jsou tvarově přizpůsobeny *(Např. u včelí dělnice 1. pár k čištění tykadel, 2. pár má výrůstek, umožňující vypichování pylových zrn z „košíčků" páru třetího).* Všímáme si zadečkových článků, které mají na břišní straně voskotvorné žlázy, po stranách stigmata vzdušnicového dýchacího systému a na posledním článku těla žihadlo *(na živé odpočívající včele si všimněte mechanizmu dýchacích pohybů zadečkových článků!).*

V květnu a červnu můžeme od včelařů získat včelí trubce *(všimněte si velikosti jejich složených očí a robustnější tělesné stavby).* Mírným mnutím hrudníku říjného trubce mezi prsty dochází k erekci jeho kopulačního ústroje.

Pozorovaný hmyz, příp. části jeho těla nebo anatomii orgánů zakreslíme, popíšeme a vysvětlíme jejich funkci.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

11. hlavu, hruď a zadeček
12. zevnitř
13. plicními vaky
14. autotomie končetin
15. vodouch stříbřitý
16. Taktik, Varidol
17. pohybu
18. humři
19. menší
20. hormonem ekdyzonem
21. základním článku tykadel
22. půdě
23. tykadlech
24. kyvadélka
25. partenogenezi

Výsledky testu:

26c; 27d; 28a; 29d; 30b; 31b; 32c; 33b; 34b; 35a; 36c; 37a; 38d; 39d; 40b

Správná tvrzení:

41 ano; 42 ano; 43 ano; 44 ano; 45 ne; 46 ne; 47 ano; 48 ano; 49 ano; 50 ano; 51 ne; 52 ano; 53 ano; 54 ano; 55 ne; 56 ano; 57 ne; 58 ano; 59 ne; 60 ne

DRUHOÚSTÍ – BEZBLANNÍ

(str. 135–158, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

druhoústí
souměrnost tělní
rozvodný systém
– ambulakrální
soustava
– pseudohemální
polostrunatci
strunatci
struna hřbetní
soustava nervová
– trubicovitá
neurocoel
faryngotremie
tunica
regrese
– ontogenetická
ploutvovci
čtyřnožci
bezblanní
Anamnia
blanatí
ploutev
– ocasní
– heterocerkní
– homocerkní
– difycerkní
šupina
– plakoidní
– kostěná
– cykloidní
– ktenoidní
Amniota
srdce
– venózní
baterie
– svalová
čára postranní
kostra
– vnitřní
měchýř plynový
trdliště
mlíčňák
jikernačka
chrupavčití
kaviár
reotaxe
poikilotermie
imprinting
pásmo říční
– pstruhové
– lipanové
– parmové
– cejnové
migrace
– anadromní
– katadromní
ryby
– pelagické
– litorální
– bentické
dýchání
– kožní
larva neotenická
test Hogbenův

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Charakterizujte druhoústé a vyjmenujte živočišné kmeny, které k nim patří.
2. Popište tělesnou ústrojnost ježovky jedlé.
3. Které hlavní znaky strunatců znáte?
4. Vyložte anatomii pláštěnců na modelu sumky obecné.
5. Vysvětlete podle nákresu tělesnou stavbu kopinatce.
6. Jaká hlediska uplatňujeme při systematickém třídění obratlovců?
7. Čím jsou pozoruhodní kruhoústí?
8. Uveďte charakteristiku paryb na příkladu žraloka.
9. Popište anatomii kapra obecného.
10. Porovnejte, čím připomíná tělesná ústrojnost jeseterů paryby a čím ryby kostnaté.
11. Poznejte podle atlasu alespoň 30 druhů ryb a řekněte, co o nich víte.
12. Přiřaďte sladkovodní druhy ryb do příslušného říčního pásma.
13. Vyjmenujte hospodářsky nejvýznamnější druhy ryb a zdůvodněte způsob jejich zpracování.
14. Které z probraných druhů ryb jsou býložravé *(příp. dravé)*?
15. Vysvětlete zásady chovu kapra obecného.
16. Charakterizujte čtyřnožce.
17. Popište anatomii obojživelníka na příkladu skokana hnědého.
18. Uveďte rozdíly mezi pulcem a dospělou žábou.
19. Posuďte, jaký je význam obojživelníků. Znáte obojživelníky v okolí svého bydliště? Dokázal byste popsat prostředí, v němž žijí? Pomáhal jste už sám při záchraně obojživelníků?
20. Čím je pozoruhodné oplozování čolků?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

21. Larva ježovky – pluteus – je souměrná ……
22. Tělo polostrunatců je členěno na …… a ……
23. Srdce pláštěnců je schopno ……
24. Vylučovací funkci u pláštěnců plní ……
25. Přenos kyslíku u obratlovců uskutečňují ……
26. Larvy mihulí se živí ……
27. Játra žraloků plní funkci ……
28. Plakoidní šupina žraloků má obdobnou stavbu jako ……
29. Rejnoci jsou živočichové ……
30. Slinné žlázy kapra ……
31. Kapr zaostřuje oko ……
32. Do plášťové dutiny škeble rybničné klade jikry ……
33. Voda má největší hustotu při teplotě ……
34. Hnízdo pro kladení jiker staví samečkové ……
35. Larvy obojživelníků se nazývají ……
36. Hlavním zdrojem pohybů čolků ve vodě je jejich ……
37. Žáby pumpují vzduch do plic ……
38. K testům na těhotenství se používala ……
39. Žáby polykají potravu ……

✓ *Test*

40. **Ambulakrální soustava ostnokožců plní funkci:**
    a) krycí a ochrannou
    b) opěrnou a pohybovou
    c) dýchací, cévní a vylučovací
    d) polohového orgánu

41. **Centrum cévní soustavy strunatců je uloženo:**
    a) ventrálně a krev přivádí k hlavě
    b) dorzálně a krev přivádí k hlavě
    c) nad trávicí soustavou a krev přivádí k hlavě
    d) v zadečku a krev přivádí do těla

42. **Venózním srdcem vodních obratlovců proudí krev:**
    a) pouze odkysličená
    b) pouze okysličená
    c) smíšená
    d) okysličená i odkysličená

43. **Obsah močoviny v krvi žraloka převyšuje hodnoty obvyklé v krvi mořských ryb:**
    a) dvakrát
    b) pětkrát
    c) až desetkrát
    d) stokrát

44. **Kapr má šupiny:**
    a) kostěné cykloidní
    b) kostěné ktenoidní
    c) plakoidní
    d) ganoidní

45. **Postraní čára ryb má zejména funkci:**
    a) rozlišovacího druhového znaku
    b) orientační
    c) druhotného pohlavního znaku
    d) hydrostatickou

46. **U ryb dochází k oplození:**
    a) vnějšímu
    b) partenogeneticky
    c) vnitřnímu
    d) vnějšímu i vnitřnímu

47. **Úhoři se vytírají:**
    a) v deltách řek severní polokoule
    b) v teplém Golfském proudu
    c) v Sargasovém moři
    d) v Biskajském zálivu

48. **Obsah kyslíku ve vodě s rostoucí teplotou:**
a) vždy stoupá
b) vždy klesá
c) ve vegetačním období se nemění
d) v mořské vodě stoupá, ve sladké vodě klesá

49. **Kapři se vytírají v trdlištích:**
a) v prokysličené vodě s písčitým dnem
b) mezi vodními rostlinami
c) v rybnících s bahnitým dnem
d) v čisté vodě s kamenitým dnem

50. **Z každého milionu jiker tresky se dožije dospělosti:**
a) každá stá
b) přibližně jedna z tisíce
c) jedna z deseti tisíc
d) miliontá

51. **V naší přírodě jsou chráněni:**
a) jen skokani a rosničky
b) všechny druhy obojživelníků
c) čolci a rosničky jen na jaře
d) pouze užitečné druhy ropuch a mloci

52. **Srdce obojživelníků má v dospělosti:**
a) dvě předsíně a jednu komoru
b) předsíň a dvě komory
c) jednu předsíň a jednu komoru
d) dvě předsíně a dvě komory

53. **V noci jsou aktivní:**
a) rosničky a skokani
b) skokani a ropuchy
c) kuňky a blatnice
d) ropuchy a blatnice

54. **Dokončení vývoje axolotla je umožněno:**
a) injekcí hormonu štítné žlázy *(český objev)*
b) vydatnou živočišnou potravou
c) postupným dávkováním hirudinu
d) Hogbenovým testem

55. **Krytolebci se vyvinuli:**
a) v mořské vodě z chrupavčitých ryb
b) ve sladké vodě z lalokoploutvých ryb
c) z kopinatců přechodem k ektoparazitizmu
d) z prvohorních paryb

56. **V mechanizmu dýchání žab se uplatňuje:**
a) pohyb bránice
b) činnost žaber a doplňkové dýchání kožní
c) pohyb hrudního koše
d) pohyb spodiny ústní dutiny

57. **Mozol na předních končetinách samců skokanů slouží:**
a) k vyhrabávání jamek pro vajíčka
b) k vytlačování vajíček ze samičky při páření
c) k získávání potravy
d) k rychlejšímu plavání

58. **Červené krvinky žab:**
a) jsou bezjaderné
b) mají měňavkovitý tvar
c) mají oválný tvar, jsou velké a bezjaderné
d) mají zřetelně vyvinuto jádro

59. **V prvních dnech života dýchají pulci:**
a) celým povrchem těla
b) keříčkovitými žábrami
c) plicními vaky
d) konečníkem a doplňkově kůží

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
60. Neurocel vzniká vchlípením ektodermu.	○	❑
61. Ambulakrální rozvodný systém ostnokožců vznikl přeměnou coelomové dutiny.	○	❑
62. Osrdečník je zbytkem zredukovaného coelomu.	○	❑
63. Kopinatci jsou hermafroditi.	○	❑
64. Pokožka strunatců je vícevrstevná.	○	❑
65. Samci žraloků mají vytvořeny kopulační orgány.	○	❑
66. Chiméry mají zřetelně odlišeny samce a samice.	○	❑

	ano	ne
67. Kapr polyká vodu.	❍	❑
68. Kostěné šupiny ryb vyrůstají ze škáry.	❍	❑
69. Kaviár jsou upravené jikry lososů.	❍	❑
70. Tělesná stavba lalokoploutvých ryb naznačuje možný fylogenetický vztah k suchozemským obratlovcům.	❍	❑
71. Paví očko – „gupka“ – je živorodý druh.	❍	❑
72. Ryba roste jen do své pohlavní dospělosti.	❍	❑
73. Obojživelníci jsou bioindikátory kvality životního prostředí.	❍	❑
74. Žáby mají vyvinutou schopnost regenerace.	❍	❑
75. Červoři jsou v tropech přizpůsobeni životu pod zemí.	❍	❑
76. Žáby kladou vajíčka v rosolovitých obalech.	❍	❑
77. Čolci žijí pouze v mírném pásmu severní a jižní polokoule.	❍	❑
78. Žáby mají hrudní koš, v němž jsou uloženy plíce a srdce.	❍	❑
79. Druhy „zelených“ skokanů se mohou vzájemně křížit.	❍	❑

Praktická cvičení

22. Pozorování bezblanných

A. POZOROVÁNÍ RYB

Morfologii a anatomii ryby můžeme studovat na jedinci každého druhu ryby. Rozsáhlé znalosti o jejich chovu, ekologických nárocích i etologických projevech můžeme získat studiem literatury, které můžeme doplnit i dovednostmi v praktické akvaristice, příp. aktivitami v Českém rybářském svazu. Přesto pro většinu studentů jedinou příležitostí ke kontaktu s živou rybou je vánoční kapr. Kapr je domácí zvíře chované po staletí v rybnících, v nichž je krmen; je prováděná jeho cílevědomá plemenitba za účelem zvýšení užitkovosti a je mu věnována i veterinární péče. Pořízení kapra pro pitevní účely je tedy neúměrně finančně náročné. Navíc samice kaprů ve stáří 2–3 let o jatečné váze do 2 kg nebývají ještě pohlavně dospělé. Pro školní pitvu volíme tedy raději „plevelné ryby“ bez hospodářského významu. Vhodná svou velikostí i relativní dostupnosti je **plotice obecná** *(Rutilus rutilus)*. Žije v hejnech ve všech typech našich vod až po spodní hranici pstruhového pásma. Jedinci dlouzí 15 cm jsou tříletí a pohlavně dospělí. Živí se převážně bezobratlými živočichy. Snadno je poznáme podle načervenalých ploutví, koncových úst, zaobleného břicha a břišních ploutví, vyrůstajících pod začátkem hřbetní ploutve *(perlíni je mají posunuty dopředu a mají ústa svrchní)*. Větší počet plotic pro výukové účely můžeme získat při výlovu rybníka nebo při lovu hospodářských druhů ryb agregátem pro chovné účely.

Plotice nejsou náročné na kyslík. Do pitvy je můžeme přechovávat v akváriu, v kádi nebo ideálně v sádkách *(klecích)* ponořených do vody v rybníku nebo v řece.

A. 1. POZOROVÁNÍ VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ STAVBY TĚLA PLOTICE OBECNÉ

(40 minut)

✓ *Materiál a pomůcky*

Usmrcená ryba, pitevní miska, pitevní souprava, lupa.

✓ *Postup*

Rybu by měl před začátkem praktika usmrtit učitel *(např. omráčením poklepem závaží na hlavu ryby nad očima a narušením míchy skalpelem pod skřelemi).* Usmrcenou plotici položíme na pitevní misku a pozorujeme tvar a struktury na povrchu jejího těla. Položíme ji na levý bok a v úseku mezi břišní, hřbetní a řitní ploutví odpreparujeme kůži a všímáme si struktury rybího svalstva. Posléze rybu položíme na pravý bok. Středem nařízneme její břišní stěnu k ocasu po řitní otvor a k hlavě mezi skřele. Další řez vedeme podél skřele ke stropu tělní dutiny a od řiti obloukem stropu tělní dutiny. Tělní stěnu i část levé skřele odstřihneme.

✓ *Pozorování*

Plotice má protáhlé, z boku zploštělé hydrodynamické tělo s mírně vyklenutým hřbetem. Její tělo je členěno na hlavu *(k zadnímu okraji skřelí)*, trup a ocas *(od řitního otvoru k počátku ocasní ploutve).* Je kryto nápadně velkými šupinami, které jsou na hřbetě modrozelené *(melanin a guanin)* a na břiše stříbřitě bílé *(pouze guanin).* Odtud lidově „bělice“. Plotice mají charakteristicky červené ploutve *(erythrin).* Plotice má poměrně malá vodorovná ústa, umístěna terminálně *(koncově).* Čelisti plotice jsou bezzubé. Nad ústy jsou párové čichové jamky. Plotice má velké červené oči se zploštělou rohovkou a bez víček. Žábry jsou po stranách hlavy kryté plochými kostěnými skřelemi.

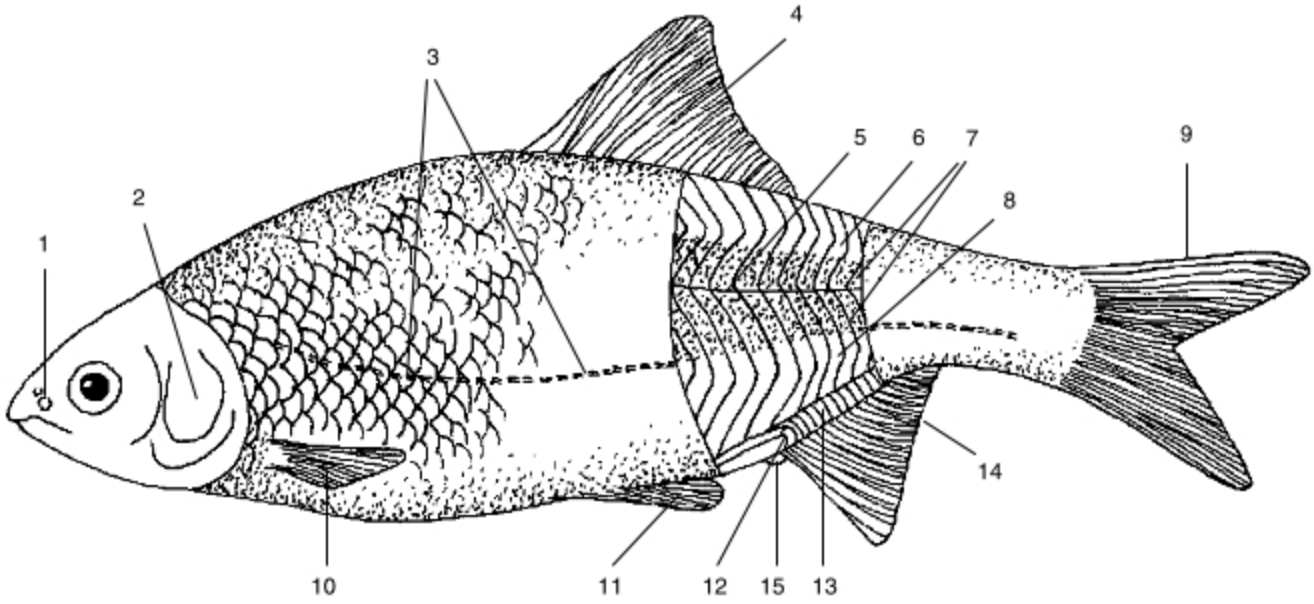
Tělo i ocas plotice jsou kryty slizovitou pokožkou a přerostlými cykloidními kostěnými šupinami, vyrůstajícími ze škáry. Šupinami prostupuje přibližně ve středu tělní stěny tmavěji pigmentovaná postranní čára, umožňující rybě orientaci vnímáním změn vlnění vody. Počet šupin každého rybího druhu je uváděn tzv. šupinovým vzorcem, který je druhově konstantní.

obecně: *minim. počet šupin v postr. čáře* $\frac{\textit{počet řad šupin nad postranní čárou}}{\textit{počet řad šupin pod postranní čárou}}$ *max. počet šupin v postr. čáře*

Pro plotici platí: $40\ \frac{7–8}{3–4}\ 44.$

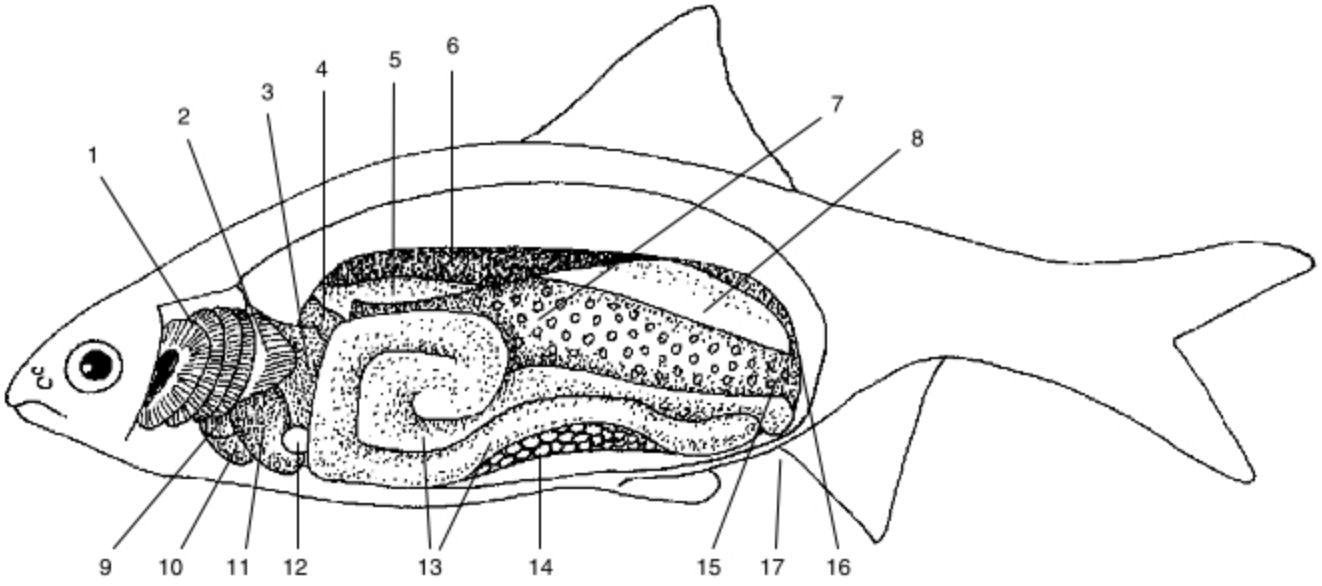
Pod lupou pozorujeme na šupině soustředné lamely *(cirkuli)*, které jsou v létě *(kdy je teplo a hojnost potravy)* širší a v zimě užší. Podle počtu širších a hustších dvojic *(annuli)* odhadujeme stáří ryby. Na těle plotice rozlišujeme párové ploutve prsní a břišní a nepárové ploutve hřbetní a řitní. Jsou v nich paprsky tvrdé *(ozn. římskou číslicí)* a měkké *(ozn. arabskou číslicí).* Počet ploutevních paprsků je v rámci variační říše konstantní a patří k morfologické charakteristice rybího druhu. Pro plotici platí */velké písmeno je první písmeno z jejího latinského označení/*: hřbetní D *(dorsalis)* II/9–11, prsní P *(pectoralis)* I/15, břišní V *(ventralis)* I–II/8, řitního A *(analis)* III/9–11, ocasní C *(caudalis)* 19.

Centrem uzavřené cévní soustavy plotice je venózní srdce uložené v osrdečníku. Je typické pro všechny vodní obratlovce a prochází jím výhradně odkysličená krev z těla do tenkostěnné předsíně a dále do svalnaté komory. Zpětnému toku krve brání chlopně. Ze srdeční komory je krev vytlačována do srdečnice, na jejímž počátku je mohutně osvalený tepenný násadec lahvicovitého tvaru. Jím je krev puzena do 4 párů žaberních tepen, které se v žaberních lupíncích větví na vlásečnice. Okysličená krev je odváděna



Vnější stavba těla plotice

1 – nozdry, 2 – skřelové víčko, 3 – postranní čára, 4 – hřbetní ploutev, 5 – septum horizontale, 6 – velký postranní sval, 7 – přímý sval boční, 8 – velký postranní sval, 9 – ocasní ploutev, 10 – prsní ploutev, 11 – břišní ploutev, 12 – řitní otvor, 13 – svaly řitní ploutve, 14 – řitní ploutev, 15 – močopohlavní bradavka



Vnitřní stavby těla plotice

1 – žábry, 2 – svalstvo posledního žaberního oblouku, 3 – žilný splav, 4 – část ledviny *(mesonefros)*, 5 – plynový měchýř *(přední komora)*, 6 – trupová část ledviny, 7 – vaječník, 8 – plynový měchýř *(zadní komora)*, 9 – tepenný násadec, 10 – srdeční komora, 11 – srdeční předsíň, 12 – žíla jaterní, 13 – střevo, 14 – játra, 15 – vejcovod, 16 – močový měchýř, 17 – řitní otvor

hřbetní aortou jednak do hlavy *(krkavice)*, jednak sestupným obloukem k tělním orgánům. Ryby mají vytvořen vrátnicový oběh jaterní i vrátnicový oběh ledvinový.

Pod svrchním jaterním lalokem je temně červená slezina, sloužící jako pohotovostní zásobárna krevních buněk, k filtraci přestárlých krvinek a jako orgán tvořící krvinky bílé. Krev plotice je červená, její červené krvinky jsou poměrně velké a mají vytvořeno jádro.

Pro vylučování slouží plotici ledviny typu prvoledvin *(mesonefros)*. Jsou hnědočervené a táhnou se v úzkém pruhu páteře po celé délce tělní dutiny. Z nich je moč odváděna močovody do protáhlého močového měchýře, který vyúsťuje na močopohlavní bradavce.

Plochým seříznutím temene hlavy plotice nad očima a odlámáním kostí pinzetou obnažíme silnou vrstvu rosolovitého a tukového pojiva, které plní funkci zevní mozkové pleny. Pod ní je v mozkovně uložen relativně malý mozek s dobře vyvinutými čichovými laloky.

Těsně pod plynovým měchýřem jsou u samečků *(mlíčňáci)* po celé délce tělní dutiny narůžovělá varlata, která jsou na jaře v době tření bílá. Vaječníky samiček *(jikernačky)* jsou párové a žluté. V době tření vajíčka vyplňují většinu břišní dutiny. Vývody pohlavních orgánů jsou samostatné, bez vývojového vztahu k prvoledvinám. Vyúsťují na močopohlavní bradavce.

A. 2. POZOROVÁNÍ VARIABILITY ZBARVENÍ TĚLA RYBY *(15 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živá plotice, skleněná kyveta, 0,1% roztok NaCl, 0,1% roztok KCl, bílý papír, podložní a krycí sklíčko, destilovaná voda, pinzeta, mikroskop.

✓ *Postup*

Živou plotici v kyvetě umístíme na světlé místo na podložku s bílým papírem. Pinzetou vytrhneme šupinu a pod mikroskopem pozorujeme tvar a velikost chromatoforů. Šupinu pak dáme na chvíli do kapky 0,1% roztoku NaCl a znovu pozorujeme. Posléze ji opláchneme destilovanou vodou a vložíme do kapky 0,1% roztoku KCl a mikroskopické pozorování opakujeme.

✓ *Pozorování*

Ryba ve světlém prostředí a při světlé barvě dna rovněž zesvětlá. Chromatofory šupin své výběžky zatáhnou. Vlivem roztoku NaCl je roztáhnou a šupina ztmavne. V prostředí kationtů draselných je opět zatáhnou a šupina zesvětlá.

B. POZOROVÁNÍ OBOJŽIVELNÍKŮ

Obojživelníci jsou organizmy, schopné žít jak ve vodním prostředí, tak na souši. Jejich larvy *(pulci)* se vyvíjejí ve vodě. Stavbu těla i funkční uzpůsobení svých orgánů mají jako ryby *(rybovitý tvar těla, zdrojem pohybu je ocas, dýchají žábrami, mají venózní srdce, postranní čáru, živí se rostlinnou potravou)*. Po dokončení proměny se jejich ústrojnost zásadně mění. Dýchají plícemi, živí se živočišnou potravou, jejich srdce je tvořeno dvěma předsíněmi a společnou komorou *(2 + 1)*, jejich končetiny mají typickou stavbu končetin čtyřnožců. Typickými představiteli obojživelníků v naší fauně jsou skokani hnědí. Nacházíme je vlhké trávě, mnohdy i daleko od vody. Živí se hmyzem a larvami bezobratlých *(sami jsou potravou např. čápů, lišek, atp.)*. V první polovině dubna se páří na mělčinách rybníčků, tůněk a louží, kde kladou svá vajíčka v rosolovitých obalech v počtu několika set. Vajíčka plavou v relativně prohřáté vodě při hladině. Mají velikost v průměru 2 mm. Každé má tmavý bod *(barvivo melanin)*, usnadňující v chladné jarní vodě pohlcování tepla. Pulci skokanů se líhnou asi za 3 týdny, proměna v dospělce je dokončena během 3 měsíců. Samci mají v době páření charakteristicky zduřelý palec, jímž se při kopulaci přidržují samičky a jímž z jejího břicha vytlačují vajíčka. V této době i charakteristicky skřehotají.

Ulovené skokany můžeme přechovávat do doby pitvy v teráriu s vlhkým mechem nebo ve vlhkém sklepě, kde je musíme zásobovat potravou *(larvy potemníka moučného, žížaly, slimáci)*.

B. 1. POZOROVÁNÍ TĚLESNÉ STAVBY A ANATOMIE SKOKANA HNĚDÉHO

(45 minut)

✓ *Materiál a pomůcky*

Jedinec skokana hnědého, skleněná kádinka, éter, kapátko, pitevní miska, skleněná destička, špendlíky, podložní a krycí sklíčka, mikroskop, trvalý preparát lidských krvinek, pipeta, fyziologický roztok.

✓ *Postup*

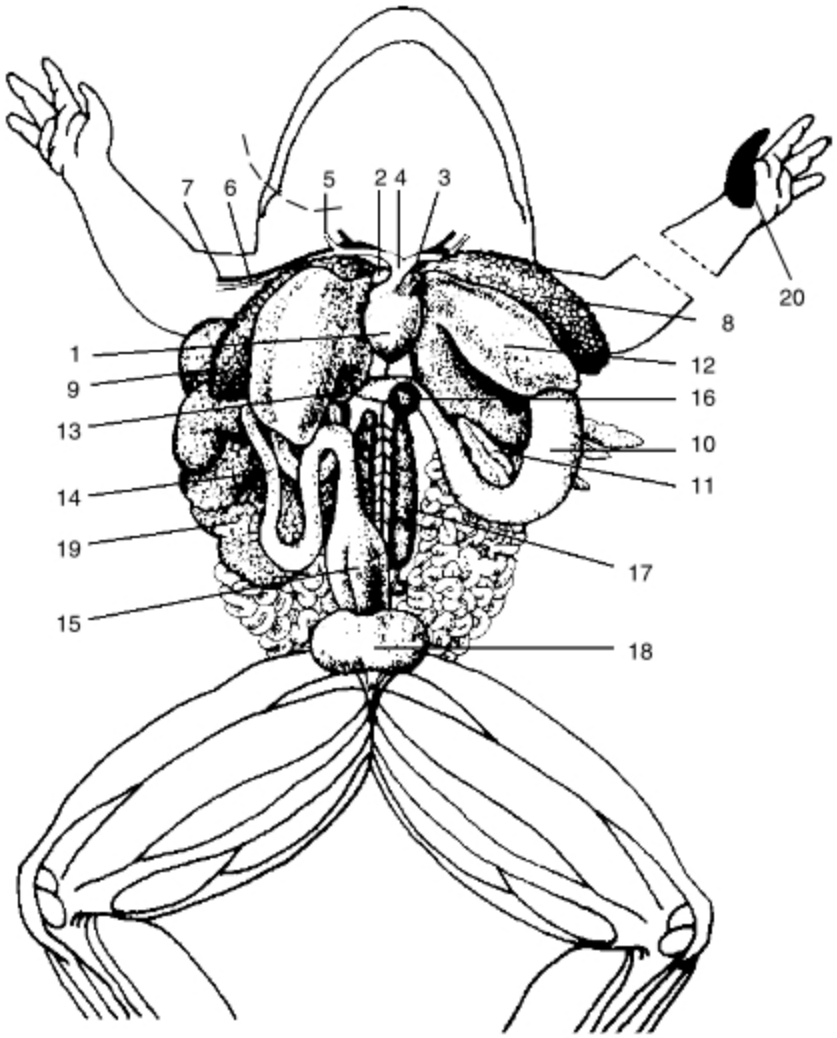
Skokana usmrtíme v kádince překryté skleněnou destičkou, do níž jsme přidali několik kapek éteru. Asi po 10 minutách nůžkami přerušíme míchu skokana v místě 1. krčního obratle *(tzv. „dekapitovaná žába“).* Položíme ho na hřbet na parafín pitevní misky a mírně vypneme špendlíky. Příčným střihem nastřihneme kůži nad zadními končetinami. Dále vedeme podélný střih po špičku dolní čelisti. Na ramenní a stehenní části končetin kůži rovněž nastřihneme, odchlípíme a upevníme po stranách špendlíky. Pozorujeme umístění a stavbu vnitřních orgánů a zakreslíme.

✓ *Pozorování*

Tělo skokana má širokou hlavu, která přímo nasedá na trup. Je shora dolů zplošněná. Má široká ústa. Skokan polyká kořist *(hmyz)* vcelku. Protáhlý jazyk skokana je vpředu přirostlý k čelisti. Jeho zadní okraj je rozeklaný, lepkavý a při lovu hmyzu je z úst vymršťován. Ústní dutina je celistvá. Z horní čelisti do ní zasahují spodiny očních koulí. Jejich zatažením skokan polyká potravu. V přední části patra ústí nosní nozdry s kožovitými záklopkami *(skokan je může uzavírat synchronizovaně s pohyby dna ústní dutiny, uzavírá je i při pobytu pod vodou).* V blízkosti ústních koutků ústí Eustachovy trubice, spojující dutinu ústní s dutinami středního ucha. Žabí bubínek je součástí tělního povrchu v tmavé skvrně za okem.

Oči skokana jsou velké a vystouplé. Jejich horní víčko je nepohyblivé, dolní je průsvitné a pohyblivé. Ve vodě skokan přes oko přetahuje z vnitřního očního koutku mžurku.

Kůže skokana je vláčná, vlhká a bohatě prokrvená *(doplňkové kožní dýchání, dýchání při potápění pod vodou, při zimování v bahně atp.).* Na většině tělního povrchu skokana je kůže volná, *(přirostlá pouze v pásech).* Prostory pod kůží jsou vyplněny lymfou. Pulzaci mízy řídí mízní srdce v křížové krajině. Žába nemá žebra, její boky jsou měkké. Dýchá polykáním vzduchu. Na zadním konci těla je kloaka.



Anatomie skokana *(samice)*
1 – srdce, 2, 3 – pravá a levá předsíň, 4 – tepna, 5 – krkavice, 6 – podklíčková tepna, 7 – podklíčková žíla, 8, 9 – plíce, 10 – žaludek, 11 – slinivka břišní, 12 – játra, 13 – žlučník, 14 – tenké střevo, 15 – kloaka, 16 – slezina, 17 – ledvina, 18 – močový měchýř, 19 – vaječník
(Levá přední končetina je samčí. V době páření se zduřeným mozolem na palci – 20)

Přední končetiny skokana jsou krátké, slabší než zadní, a čtyřprsté. Zadní končetiny jsou delší, mohutně osvalené a pětiprsté, s prsty vzájemně propojenými plovací blánou.

Dospělý skokan má dobře vyvinuté svalstvo hrdla, břicha, hřbetu, prsou a končetin. Dýchací pohyby vykonává sval podjazyčný, ovládající dno ústní dutiny.

Tělní dutina skokana je celistvá, nečleněná na část hrudní a břišní. Nahoře uprostřed tělní dutiny je srdce *(2 + 1)*, které často i po dekapitaci žáby dlouho tepe. Z jediné jeho komory vystupuje při stahu krev nejdříve téměř výhradně venózní *(do plícnice)*, pak smíšená, která jde do aorty, a nakonec krev převážně okysličená, jíž je sycen mozek. Žabí orgány velmi dobře snášejí nedostatek kyslíku, takže přežívají smrt žáby velmi dlouho. Červené krvinky skokana jsou velké, oválné a mají jádro. Po stranách srdce jsou plíce, které vyniknou, pokud je nafoukneme ústní dutinou trubičkou z umělé hmoty. Pod srdcem jsou hnědočervená játra se žlučovým váčkem. Žaludek je nalevo od jater. Trávicí trubice pokračuje kličkami tenkého střeva, které je ke stropu tělní dutiny přidržováno svalovými závěsy *(mesenterium)*. Mezi střevními kličkami se nachází slezina. Na hřbetní straně tělní dutiny jsou tmavočervené ledviny a v jejich těsné blízkosti žlutá varlata. U samiček vyplňují většinu břišní dutiny vaječníky *(s prosvítajícími vajíčky)*, vejcovody a děloha. Nad symfýzou stydkých kostí je močový měchýř a pod ním krátké tlusté střevo ústící do kloaky.

Části mozku jsou uspořádány v rovině za sebou *(jako u ryb)*.

B. 2. POZOROVÁNÍ ČERVENÝCH A BÍLÝCH KRVINEK ŽÁBY *(15 minut)*

✓ *Postup*

Kapku krve z žabí cévy zředíme fyziologickým roztokem *(0,90% roztok NaCl)*, přeneseme na podložní sklíčko, přikryjeme krycím sklíčkem a pozorujeme.

✓ *Pozorování*

Červené krvinky skokana jsou velké, vejčitě oválné a mají dobře vyvinuté jádro. Bílé krvinky skokana mají měňavkovitý tvar a pohybují se. Ve srovnání s preparátem lidské krve jsou červené krvinky skokana větší než červené krvinky lidské.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

21. bilaterálně
22. žalud, límec a trup
23. oboustranné pulzace
24. zásobní ledviny
25. červené krvinky
26. řasami
27. hydrostatického ústroje
28. zub obratlovců
29. mořského dna
30. nejsou vyvinuty
31. přibližováním čočky k sítnici
32. hořavka duhová
33. + 4 °C
34. koljušky tříostné
35. pulci
36. ocas
37. spodinou ústní dutiny
38. drápatka vodní
39. zatahováním očních bulev

Výsledky testu:

40c; 41a; 42a; 43d; 44a; 45b; 46a; 47c; 48b; 49b; 50d; 51b; 52a; 53d; 54a; 55b; 56d; 57b; 58d; 59b

Správná tvrzení:

60 ano; 61 ano; 62 ano; 63 ne; 64 ano; 65 ano; 66 ano; 67 ne; 68 ano; 69 ne; 70 ano; 71 ano; 72 ne; 73 ano; 74 ne; 75 ano; 76 ano; 77 ne; 78 ne; 79 ano

DRUHOÚSTÍ – BLANATÍ

(str. 158–203, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

amnion
allantois
seróza
mžurka
orgán
– Jacobsonův
dimorfizmus
– sexuální
vejcorodost
živorodost
vejcoživorodost
ovoviviparie
stav strnulosti
autotomie
radiace
– evoluční
carapax
plastron
jamkozubí
alveola
– zubní
termoreceptor
žláza
– kostrční
peří
– krycí
– obrysové
– prachové
letky
pera rejdovací
pernice
nažiny
tahy
– ptačí
parazitizmus
– hnízdní
kosti
– pneumatizované
běhák
vole
vývržky
kloaka
syrinx
bifurkace
vzdušné vaky
inkubace
Archaeopteryx
ptáci praví
lebka
– paleognatní
– neognatní
chrup
– mléčný
– trvalý
bránice
placenta
škára
chlup
– hmatový
pesíky
podsada
línání
plachtění
– dynamické
– statické
Lorenz K.
torby lícní
vzorec zubní
trháky
frekvence
– dechová
termoregulace
homoiotermie
placenta
echolokace
žaludek
– složený
říje
oplození utajené
březost utajená
societa

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Charakterizujte blanaté obratlovce.
2. Popište anatomii plaza na příkladu ještěrky obecné.
3. Co můžete říci o tělesné stavbě haterie?
4. Uveďte ekologická přizpůsobení želv a krokodýlů jejich životnímu prostředí.
5. Vyjmenujte typické zástupce ještěrů a řekněte, co o nich víte.
6. Uveďte příklady etologických projevů u plazů.
7. V čem se liší hadi od ostatních plazů?
8. Které adaptace umožňují ptákům létat?
9. Odhadněte podle tvaru zobáku, čím se příslušný druh ptáka živí.
10. Pohovořte o opeření ptáků.
11. Čím je neobvyklá ptačí kostra a svalstvo?
12. Jaké zvláštnosti má trávicí a dýchací soustava ptáků?
13. Pojednejte o rozmnožování ptáků.
14. Uveďte některé plazí a některé ptačí znaky archaeopteryxe.

15. Podle jakých kritérií člení vědci ptáky do nadřádů?
16. Které zástupce našich vrubozobých znáte a co o nich víte?
17. Pohovořte o zástupcích našich dravců a sov.
18. Charakterizujte nejvýznamnější čeledi pěvců, příp. i jejich způsob života.
19. Jaký význam mají ptáci v přírodě?
20. Jak pečují ptáci o svá vejce a mláďata?
21. Čím fyziologicky zdůvodníte hnízdní parazitizmus kukaček?
22. Co víte o ptačích tazích a orientaci ptáků v prostoru?
23. Uveďte alespoň 5 znaků, jimiž se savci liší od plazů, z nichž vznikli.
24. Charakterizujte tělesnou ústrojnost savců.
25. Co víte o chrupu savců?
26. Pojednejte o vejcorodých savcích a vačnatcích.
27. Charakterizujte placentální savce a pohovořte o jejich významu.
28. Čím jsou pozoruhodní primáti? Pohovořte o jejich typických zástupcích.
29. Pojednejte o řádu hmyzožravci a řádu letouni. Čím vás zaujaly typické druhy zastoupené v naší fauně?
30. Vysvětlete příznačné znaky řádu hlodavci a pohovořte o typických zástupcích. Proč nejsou zajícovci systematicky řazeni mezi hlodavce?
31. Jaká jsou klasifikační hlediska řádu šelem? Které významné zástupce znáte?
32. Co víte o chobotnatcích a sirénách?
33. Pohovořte o typických zástupcích lichokopytníků.
34. Podle jakých kritérií členíme sudokopytníky a které z nich znáte?
35. Čím se liší kytovci od ostatních řádů savců? Co o nich víte?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

36. Rozlišujeme tři základní tělesné typy plazů: ……
37. Převládající složkou potravy ještěrek je ……
38. Vývoj snůšek plazích vajec ani téhož druhu není stejně dlouhý, protože plazi svá vejce ……
39. Mezi plazy jsou i konzumenti vyššího řádu, např. ……
40. Autotomii ocasu plazů umožňuje zvláštní stavba jejich ……
41. Vodní druhy želv mají ……
42. Samičky chameleonů kladou vajíčka do ……
43. Slepýš je ještěrka se ……
44. Bohaté vylučování slin umožňuje plazům kořist ……
45. Hadí zuby jsou při zavřené tlamě ……
46. Levá a pravá polovina hadích čelistí je ……
47. Tělesná teplota ptáků je ……
48. Ptačí kostra je …… a ……
49. Tučňáci vyhřívají své snesené vejce v ……
50. Jediní zástupci běžců schopní létání jsou ……
51. Všechny druhy veslonohých se živí ……
52. Všechna domácí plemena slepic vznikla z ……
53. Rybáka od racka poznáš za letu podle ……
54. Kukačka obecná klade svá vajíčka do hnízd ……
55. Z ptačích druhů se ve 20. století v Evropě nejvíce rozšířila ……
56. Žluna zelená rozhrabává mraveniště, v nichž ……
57. Skorec se za potravou ……
58. Dominantním smyslem savců je ……
59. Savci mají stálý počet krčních obratlů ……
60. Který druh savce má prsní bradavky posunuty na hřbet těla a proč?

✓ *Test*

61. **Plazi mají šupiny původu:**
    a) ektodermálního
    b) entodermálního
    c) kostěného
    d) mezodermálního

62. **Jacobsonův ústroj plazů slouží:**
    a) k vnímání teplotních rozdílů
    b) k regeneraci poškozených částí těla
    c) k chemické analýze nejbližšího okolí
    d) nahrazuje plazímu zárodku vodní prostředí

63. **Amnion plazů:**
    a) umožňuje akomodaci čočky
    b) nahrazuje zárodku vodní prostředí
    c) umožňuje embryu plaza dýchání
    d) nahrazuje plazímu zárodku ledviny

64. **Ovoviviparní plazi:**
    a) jsou rozšířeni i v chladnějších oblastech
    b) přežívají nepříznivé období pod vodou
    c) mohou konzumovat bylinnou potravu
    d) kladou snůšky vajec do tlejícího organického materiálu

65. **Krokodýli mají:**
    a) končetiny čtyřprsté, zadní navíc s plovací blánou
    b) všechny končetiny pětiprsté s plovací blánou
    c) všechny končetiny pětiprsté, zadní ale mohutnější
    d) přední pětiprsté, zadní čtyřprsté s plovací blánou jen mezi prsty

66. **Želvy vhánějí vzduch do svých plic:**
    a) mezižeberním svalstvem
    b) spodinou ústní
    c) pohyby hlavy a končetin
    d) kmitáním bránice

67. **Krokodýli mají:**
    a) tělo zploštělé shora a ocas ze stran
    b) tělo zploštělé shora a ocas zploštělý dorsoventrálně
    c) tělo na průřezu oválné, ocas zploštělý ze stran
    d) tělo i ocas zploštělé zboku

68. **Druhotné kostěné patro umožňuje:**
    a) želvám doplňkové dýchání sliznicí úst
    b) krokodýlům dýchání při otevřené tlamě ve vodě
    c) krokodýlům mimořádně velké rozevření tlamy
    d) zvýšenou odolnost plazů vůči hladovění

69. **Gekoni mají:**
    a) rohovité límce
    b) žebra s kožním lemem
    c) rohovité lamely a přísavky umožňující pohyb po svislých stěnách
    d) kulatou hlavu

70. **Hadi mají:**
    a) zredukovánu levou plíci
    b) zredukovánu pravou plíci
    c) samci pravou, samice levou plíci
    d) zredukovánu pravou plíci a levou plíci prodlouženou v plicní vak

71. **Zmije přezimují v děrách pod zemí:**
    a) v párech
    b) v chomáčích o více jedincích
    c) odděleně samci a samice
    d) mláďata odděleně, dospělí v párech

72. **Chřestýši patří mezi:**
    a) hady škrtiče
    b) beznohé ještěry
    c) jedovaté hady s termoreceptorem
    d) hady z povodí Amazonky

73. **Ptáci mají srdce:**
    a) arteriózní bez aortálního oblouku
    b) venózní s pravostranným aortálním obloukem
    c) arteriovenózní s pravostranným aortálním obloukem
    d) arteriózní s levostranným aortálním obloukem

74. **Sokolovití dravci mají:**
    a) okrouhlé nozdry a ostrý zejk
    b) okrouhlé nozdry a tupý zejk
    c) elipsovité nozdry a tupý zejk
    d) okrouhlé nozdry a zejk pouze samci

75. **Sovy jsou:**
    a) mimořádně užitečné hubením hlodavců
    b) částečně škodí v bažantnicích
    c) nebezpečné přenášením viróz
    d) škodlivé nočním houkáním v lesních porostech

76. **Do řádu pěvců nepatří:**
    a) krkavci
    b) břehule
    c) jiřičky
    d) rorýsi

77. **K zrnojedům mezi pěvci patří:**
a) rehkové
b) pěnkavy
c) sýkory
d) konipasi

78. **Který výrok je nesprávný?**
a) dravci usmrtí kořist zobákem a odlétají s ní ve spárech
b) sovy usmrtí kořist svými spáry a odlétají s ní v zobáku
c) sovy se živí mršinami drobných hlodavců
d) dravci i sovy vyvrhují nestrávenou potravu v druhově charakteristických vývržcích

79. **Který výrok je správný?**
a) v Čechách hnízdí havrani na polích, vrány na stromech
b) vrány hnízdí v Čechách, havrani na Moravě
c) v Čechách hnízdí vrány na polích a havrani v lese
d) vrány šedé hnízdí na Moravě a havrani na celém území ČR

80. **Zpěv ptačího samečka:**
a) varuje ostatní samce vlastního druhu
b) je výstrahou všem samečkům pěvců
c) vábí samičky ostatních pěvců
d) loudí potravu pro svá mláďata

81. **Pěvci mají mláďata:**
a) nidikolní
b) nekrmivá
c) nidifugní
d) pouze lesní druhy krmivá

82. **Bránice:**
a) zabraňuje zpětnému toku krve
b) odděluje u savců dutinu hrudní od břišní
c) vylučuje obranné látky
d) zabraňuje nadměrnému vylučování ledvin

83. **Ve 20. století introdukovaný druh savce se mimořádně rozšířil téměř v celé Evropě:**
a) plch velký
b) ondatra pižmová
c) křeček polní
d) krysa obecná

84. **Jezevec je šelma:**
a) lasicovitá
b) medvědovitá
c) psovitá
d) kočkovitá

85. **Naší největší kočkovitou šelmou je:**
a) kočka divoká
b) kočka plavá
c) rys ostrovid
d) vydra říční

86. **Před 40 lety k nám byla zavlečena zhoubná nemoc králíků:**
a) introdukce
b) myxomatóza
c) brachiace
d) echolokace

87. **Rh-faktor, uplatňovaný v imunitním krevním systému člověka, vznikl v laboratorním výzkumu s krví:**
a) afrického makaka
b) albinotického potkana
c) Horákova laboratorního psa
d) bílých myší

88. **Placentální savci se rozmnožují:**
a) dokonale vyvinutými mláďaty
b) nedokonale vyvinutými mláďaty v břišním vaku matky
c) kožovitými vejci v péči obou rodičů
d) polyandricky

89. **K potravně úzce specializovaným savcům patří:**
a) mravenečník a koala
b) jezevec
c) svišť horský
d) delfín skákavý

90. **Jesenická populace kamzíka horského je:**
a) v Jeseníkách původní
b) vysazená z tatranské populace
c) introdukována z Alp
d) vznikla křížením původních kamzíků s jedinci přivezenými z Bialowiežského pralesa

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

		ano	ne
91.	Plazi nemají kožní žlázy.	○	❑
92.	Plazi jsou živočichové homoiotermní.	○	❑
93.	Kostra plazích končetin má obdobnou stavbu jako kostra končetin obojživelníků.	○	❑
94.	Plazi snůšku svých vajec nezahřívají.	○	❑
95.	Aligátoři a varani jsou primární konzumenti.	○	❑
96.	Hlasotvorné ústrojí plazů je původu entodermálního.	○	❑
97.	Plazi již mají vytvořen vrátnicový krevní oběh.	○	❑
98.	Všechny druhy našich plazů jsou mimořádně užitečné a zasluhují ochranu.	○	❑
99.	Haterie má mimořádně intenzivní metabolismus.	○	❑
100.	Suchozemské želvy mají silně vyklenutý krunýř.	○	❑
101.	Krokodýli patrně prošli bipedním stadiem vývoje.	○	❑
102.	Chameleoni mají uchopovací ocas.	○	❑
103.	Sliny většiny hadů umožňují uštknutí kořisti.	○	❑
104.	Ptáci mají vyvinutu pouze jedinou kožní žlázu.	○	❑
105.	Holubi jsou ve velkochovech odchováváni v líhních.	○	❑
106.	Albatrosi hnízdí nejčastěji na ostrovech v jižním Atlantiku.	○	❑
107.	Mláďata čápů bílých mají černý zobák.	○	❑
108.	Poštolku obecnou poznáš v přírodě podle spirálně stoupavého letu.	○	❑
109.	Početní stavy našich koroptví jsou na vzestupu.	○	❑
110.	Kolibříci mají schopnost vířivého letu na místě.	○	❑
111.	Ledňáček k nám přilétává v době tání ledu.	○	❑
112.	Datel černý se živí dřevokazným hmyzem v dubových a bukových lesích.	○	❑
113.	Sojka je v lese známa svým varovným hlasem.	○	❑
114.	Sýkorky si pro hnízdění dlabou dutiny ve starých stromech.	○	❑
115.	Sliny přežvýkavců obsahují ptyalin.	○	❑
116.	Nejdokonalejší sluchové ústrojí mají kytovci.	○	❑
117.	Parohy jelenů jsou rohovitého původu.	○	❑
118.	Ploutvonožci jsou podřádem šelem.	○	❑
119.	Vlk je vymírající druh savce a zasluhuje ochranu.	○	❑
120.	Ze zaječí a králičí srsti se vyrábějí klobouky.	○	❑
121.	Dva druhy ježka na našem území *(podobně jako dva poddruhy vrány)* vznikly oddělením jeho populací v době ledové.	○	❑
122.	Kočkovité šelmy *(s výjimkou geparda)* loví svou kořist skokem ze zálohy.	○	❑
123.	Samice kytovců rodí svá mláďata ocasem napřed.	○	❑
124.	Mozek delfína dosahuje složitosti mozku lidoopa.	○	❑
125.	Velryby se živí lovem mořských hlavonožců.	○	❑

Praktická cvičení

23. Pozorování ptáků

Obvykle uváděným modelovým ptačím druhem, vhodným pro studium morfologie a anatomie ptáků, je **holub domácí** *(Columba livia f. domestica)*. Stejně vhodný je ale i kur domácí; zejména tam, kde jsou k dispozici brakovaní jedinci z velkochovů drůbeže. Obecně dostupným zdrojem poznatků o chovu, etologických projevech a ekologických nárocích jednotlivých druhů může být chov exotů. K pozitivnímu vztahu k přírodě vede mládež např. péče o ptactvo v zimě či v době hnízdění. V kontextu šíře pojaté péče o ekologickou stabilitu krajiny jsou pro studenty mimořádně motivující i odborné ornitologické aktivity, např. etologická pozorování, sčítání ptactva, odchyt a kroužkování na tahu atp. Pro potřebu školní praxe si popíšeme morfologii a anatomii holuba a slepičího vejce.

A. 1. POZOROVÁNÍ MORFOLOGIE A ANATOMIE HOLUBA DOMÁCÍHO *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Jedinec holuba domácího, injekční stříkačka, éter, pitevní miska, pinzeta, anatomické nůžky, špendlíky, lupa, podložní a krycí sklíčko, mikroskop.

✓ *Postup*

V přípravné fázi praktika učitel holuba usmrtí. Nejrychlejším doporučeným způsobem je injekce éteru do mozku. Holuba položíme na pitevní misku a pozorujeme tvar a povrchové struktury jeho těla. Snažíme se zakreslit místa, na nichž vyrůstá holubovi peří, a místa tímto peřím pouze překrytá. Jednotlivé typy peří holuba si prohlédneme nejdříve lupou při zvětšení 3–10násobném, pak čtvereček 5 × 5 mm z praporu jeho obrysového pera podrobně prohlédneme pod mikroskopem a zakreslíme jeho strukturu. Uchopíme běhák holuba a stlačujeme ho do polohy „vsedě“ a do polohy natažené jako při letu. Všímáme si změny sevření prstů a zaznamenáme je do poznámek. Posléze holubovi rozřízneme kůži na břiše směrem od kloaky k prsní kosti a dále až ke kořeni zobáku. Kůži odchlípíme a upevníme šikmo zapíchnutými špendlíky. Všímáme si tvaru a uložení jeho vnitřních orgánů, které schematicky zakreslíme.

✓ *Pozorování*

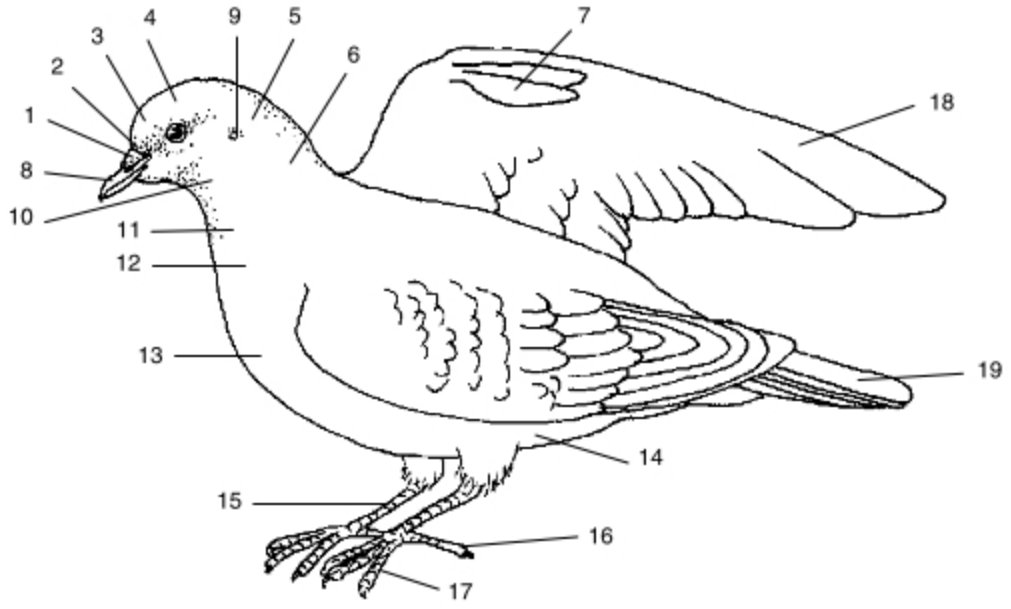
Tělo holuba je kryto povrchem charakteristickým pro ptáky – peřím. Peří neroste na těle holuba souvisle po celém povrchu, ale pouze na místech zvaných pernice. Holá místa, která jsou peřím jen překryta, se nazývají nažiny. Na těle holuba vidíme šikmo v kůži zakotvené peří krycí *(obrysové)*. Prachové peří s termoizolační funkcí holubům chybí. Mezi obrysovými pery mají holubi vyvinuta pera vlasová, která jsou tvořena výhradně ostnem. Obrysová pera na křídle se nazývají letky *(ruční, loketní, ramenní)*, pera v ocasu se nazývají pera rejdovací. Je jich 12–15 a podílejí se na manévrování ptáka ve vzduchu. Na obrysových perech rozlišujeme osu *(stvol)*, jejíž dutá část (*brk)* je zakotvena v kůži, část vyčnívající na povrch se nazývá osten. Osten je plný, pružný a vytváří po stranách mimořádně lehkou nosnou plochu křídla – prapor.

Vnější část obrysových per je užší, vnitřní část je širší. Při podrobnějším zkoumání brku vidíme v jeho kořeni tzv. pupek. Jím v době vývoje pera prostupuje vyživovací škárová papila. V dutině brku je zrohovatělá kožní cévka. Prapor křídla je tvořen dlouhými a ke konci se zužujícími větvemi, které se dále člení ve větvičky. Větvičky směřující k základu pera jsou hladké, větvičky směřující k vrcholku pera jsou opatřeny háčky. Ty jsou zakleslé do spodních větviček horní řady. Tím je při mimořádné lehkosti pera dána jeho velká pevnost.

Barva ptačího peří je tvořena melaniny a lipochromy. Kovový lesk ptačího peří je fyzikální jev, způsobený lomem světelných paprsků na povrchové struktuře ptačího pera.

Zobák holuba *(a všech současných ptačích druhů)* je bezzubý, v horní části širší než v části dolní. Je rohovitý *(při velké pevnosti mimořádně lehký)*. Rohovitými šupinami je pokryt i ptačí běhák a prsty. Rovněž

ptačí jazyk má zrohovatělou pokožku. Je zašpičatělý a ukotvený na jazylce. V jeho okolí jsou drobné vývody slinných žláz. V patře je štěrbina vedoucí k nozdrám, za ní je společné vyústění Eustachových trubic. Při kořeni jazyka je hrtanová štěrbina, vedoucí do průdušnice.



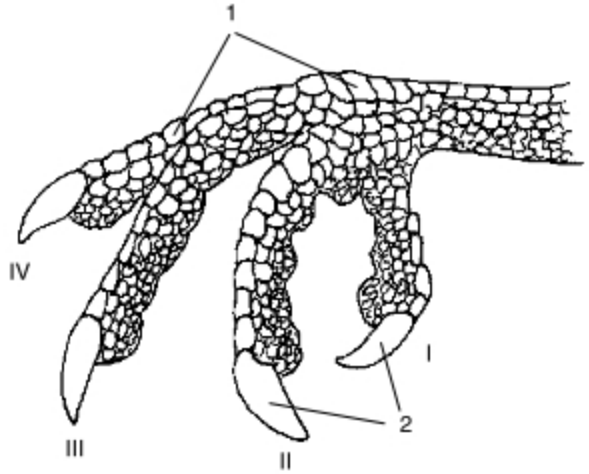
Vnější stavba těla holuba
1 – nozdry, 2 – ozobí, 3 – čelo, 4 – temeno, 5 – týl, 6 – krk, 7 – křidélko, 8 – zobák, 9 – ústí zvukovodu, 10 – brada, 11 – hrdlo, 12– vole, 13 – prsa, 14 –břicho, 15 –běhák, 16 – zadní *(první)* prst, 17 – druhý prst, 18 – křídlo, 19 – pera rejdovací

Po stranách hlavy má holub oči s víčky a mžurkou, která je přirostlá ve vnitřním koutku oka. Ptáci již mají vytvořeno vnější ucho. Zvukovod vyúsťuje za očima ušním otvorem, který je přerostlý peřím. Na dně zvukovodu se nachází bubínek.

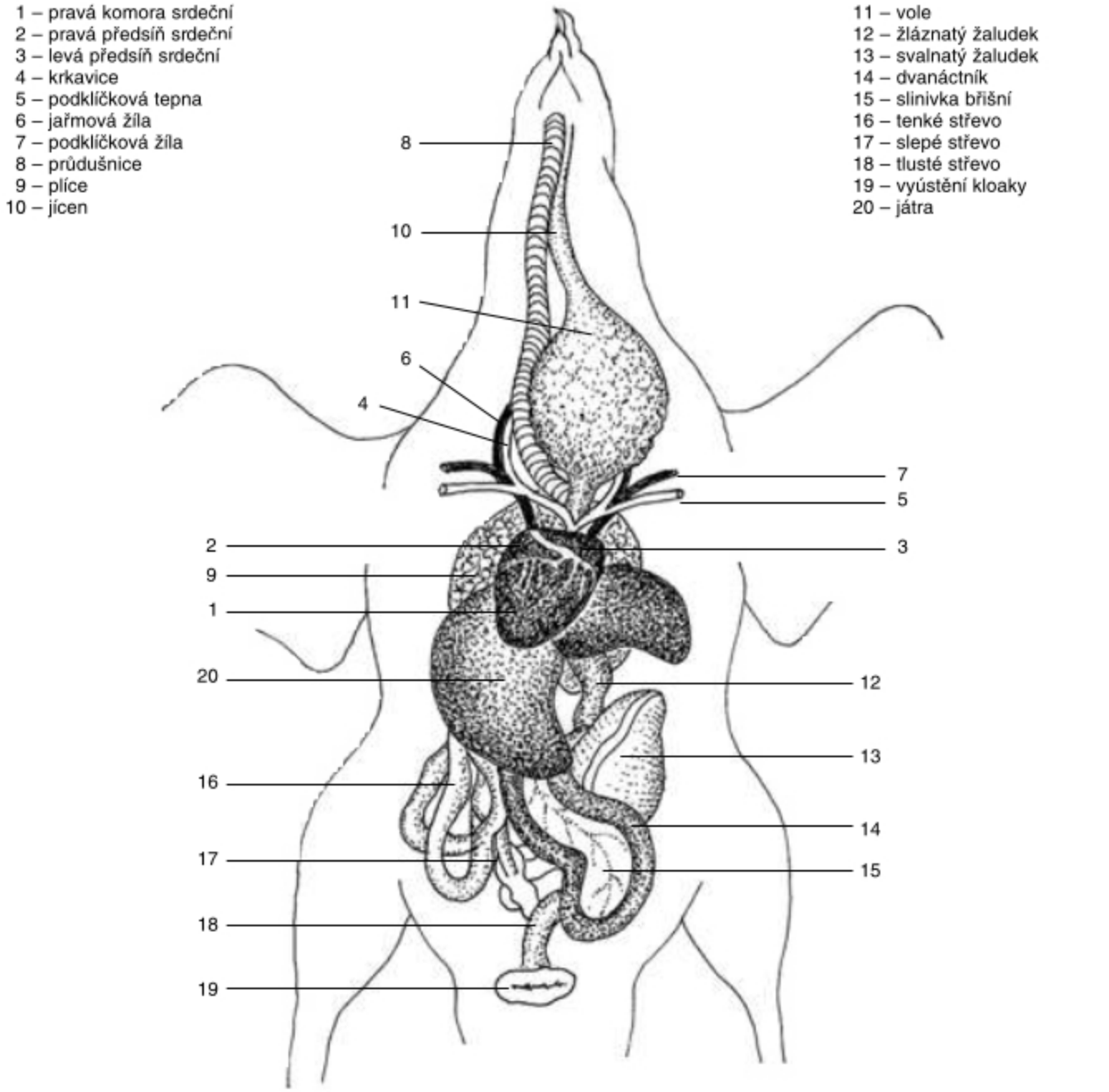
Krk holuba je dlouhý a mimořádně pohyblivý. Jeho trup má aerodynamický tvar, s těžištěm pod křídly v místě uložení srdce. Kožní mazová žláza je u holubů zakrnělá. Holub své peří ošetřuje pudrem z odštěpků svých obrysových per.

Běhák holuba je neopeřený. Stejně jako prsty je krytý zrohovatělými štítky. Holub má na noze 4 prsty, z nichž tři jsou obráceny vpřed a jeden vzad.

Po otevření tělní dutiny vidíme na krku chrupavčitě vyztuženou průdušnici. Pod ní je jícen, který se rozšiřuje ve vole. Po jeho odchlípení vidíme meziklíční vzdušný vak, sahající svými výběžky mezi vidlici klíčních kostí *(skleněnou trubičkou zavedenou do hrtanu můžeme plíce i vzdušné vaky holuba nafouknout)*. Po stranách krku jsou vzdušné vaky krční. Na hřeben kosti prsní se upíná velký hrudní sval *(stahovač křídla)*, pod ním je uložen hluboký krční sval *(zvedač křídla)*. Funkci obou můžeme ověřit jejich částečným odpreparováním od kosti prsní a střídavým popotahováním úponů obou svalů pinzetou. Potom vypreparujeme prsní kost a žebra *(přestřihneme je cca v polovině)*, kost krkavčí a klíční. Pozorujeme uložení mohutného srdečního svalu, zbytky předohrudního a zadohrudního plicního vaku, hnědočervená játra, svalnatý žaludek, dvanáctník *(v jeho kličce je uložena slinivka břišní)*, uložení střev a po jejich nadzvednutí ledviny a pohlavní žlázy. Tvar a uložení orgánů v tělní dutině holuba zakreslíme do protokolu a popíšeme.



Noha holuba
1 – rohovité štítky, 2 – drápy
I – zadní prst, II – vnitřní prst, III – střední prst, IV – vnější prst



Vnitřní stavba těla holuba

A. 2. POZOROVÁNÍ PERNIC A NAŽIN NA TĚLE HOLUBA *(20 minut)*

Poznámka: Materiál, pomůcky a postup u A. 2. až A. 4. viz A. 1.

✓ *Pozorování*

Ještě před naříznutím tělní dutiny holuba jemně oškubeme opatrným trháním ve směru růstu per. Zjistíme místa opeřená *(pernice)* a neopeřená *(nažiny)*. Jejich rozmístění na těle holuba zakreslíme.

A. 3. POZOROVÁNÍ AUTOMATIKY SVÍRÁNÍ A ROZEVÍRÁNÍ PRSTŮ *(3 minuty)*

✓ *Pozorování*

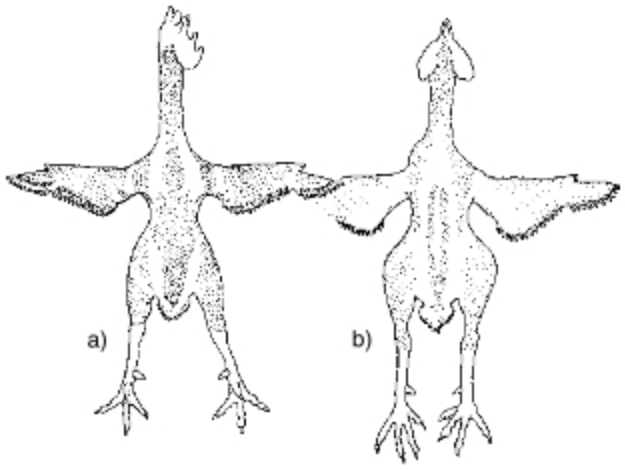
Při přitažení běháků k tělu *(jako při sedění na větvi)* se prsty holuba automaticky svírají, při natažení nohy se rozevřou. Tato automatika obojakého svalu *(musculus ambiens)* umožňuje ptákům sedět na větvi bez vynaložení svalové práce.

A. 4. POZOROVÁNÍ STRUKTURY PRAPORU OBRYSOVÉHO PERA HOLUBA

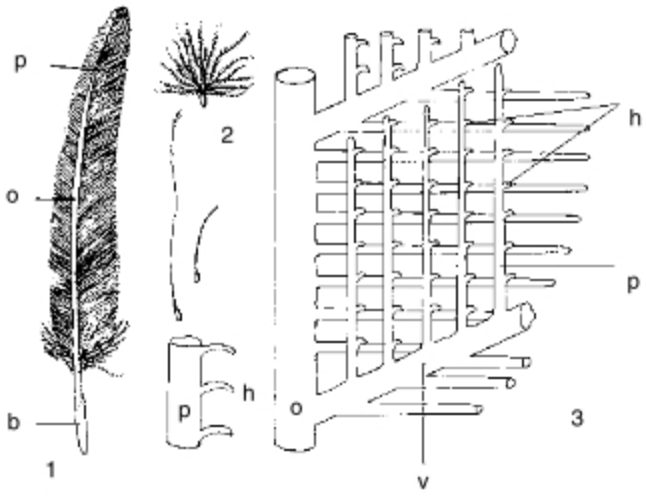
(10 minut)

✓ *Pozorování*

Na čtverečku praporu holubího pera vidíme při malém zvětšení mikroskopu strukturu nosné letové plochy pera. Z větví praporu vystupují větvičky, přičemž řada směřující k základu pera je hladká, řada směřující k jeho vrcholu má háčky, do nichž jsou hladké větvičky zaklíněny. Vzniká tak pevná a přitom mimořádně lehká nosná plocha.



Pernice a nažina ptáka *(kur domácí)*
a) hřbetní strana těla, b) břišní strana těla



Stavba ptačího pera
1 – letka = p – prapor, o – osten, b – brk; 2 – prachové peří;
3 – schéma stavby praporu = o – osten, p – paprsek,
h – háčky, v – větvička

B. POZOROVÁNÍ STAVBY SLEPIČÍHO VEJCE

Vejce všech ptačích druhů mají stejnou stavbu. Svou velikostí a mimořádně snadnou dostupností je jako didaktický model pro studium stavby ptačího vejce optimálně vhodné vejce slepičí.

B. 1. POZOROVÁNÍ SKOŘÁPKY SLEPIČÍHO VEJCE *(15 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Slepičí vejce čerstvé a uvařené, skořápky z čerstvých vajec, skořápka vajec, z nichž se vylíhla kuřata, inkoust, 10% HCl, 1% roztok $C_2O_4(NH_4)_2$, 60% líh, benzin, kousek vápence, pinzeta, lupa, prosvětlovací lampa *(elektrická žárovka s objímkou napojená na síť a kryt z lepenky ve velikosti slepičího vejce).*

✓ *Postup*

Všímáme si tvaru a zbarvení vejce, tloušťky skořápky z čerstvého vejce a z vejce, z něhož se již vylíhlo kuře, pozorujeme změny při pokápnutí skořápky 10% HCl a srovnáváme s reakcí vzorku vápence. Přidáme několik kapek šťavelanu amonného. Po důkladném očištění skořápky benzinem a lihem pozorujeme povrchovou strukturu skořápky lupou. Na čerstvou skořápku a na skořápku z vejce, z něhož se již vylíhlo kuře, kápneme inkoust. Vejce prosvětlíme a hledáme přítomnost trhlin. Čerstvé vejce vezmeme do dlaně a stejnoměrně je vší silou stiskneme. Čerstvé vejce a vejce uvařené položíme na rovnou plochu stolu a dvěma prsty roztočíme. Dobu rotace zaznamenáme.

✓ *Pozorování*

Vejce je na povrchu kryto skořápkou. U slepice, která je vzhledem k její váze a hrubým nohám relativně velkým ptákem, je skořápka silná až 0,5 mm. Skořápka má oválný tvar. Rozlišujeme konec tupý a konec ostřejší. Barva skořápky je od bílé až po tmavě hnědou. Barevnost skořápek je dána přítomností bar-

viv oocyaninu a ooporphyrinu, která vznikají rozpadem krvinek z prasklých vaječníků v dolní části vejcovodu. Vaječná skořápka je tvořena převážně $CaCO_3$ v dolní tlustostěnné části vejcovodu, jež produkuje hustou vápennou kaši, která postupně tuhne ve skořápku. Důkazem $CaCO_3$ ve hmotě skořápky je reakce s HCl *(uniká vytěsňovaný CO_2, takže kapka šumí naprosto stejně jako kapka HCl na vápenci)*. Nejmocnější vrstva skořápky je u tupého pólu. Na bocích je její mocnost tenčí. Skořápky, z nichž se již vylíhlo kuře, jsou podstatně tenčí. Během vývoje kuřecího zárodku dochází k postupnému odvápnění *(dekalcifikaci)* krví zárodku a k částečné resorpci stěny skořápky, jejíž hmota se podílí na výstavbě vyvíjejícího se kuřete. Současně se skořápka stává prostupnější pro prolínající plyny, čímž je zárodku umožněno dýchání. Skořápka z čerstvého vejce je nepropustná pro inkoust, skořápka z vejce, v němž se vyvinulo kuře, inkoust propouští. Pod lupou jsou v ní patrny póry, jichž je na 1 cm^2 několik set. Povrch skořápky má ještě bílkovinnou ochrannou nadskořápečnou mikrovrstvu *(umyjeme-li vejce, snadno podléhají zkáze na rozdíl od vajec nemytých, která vydrží poměrně dlouho)*.

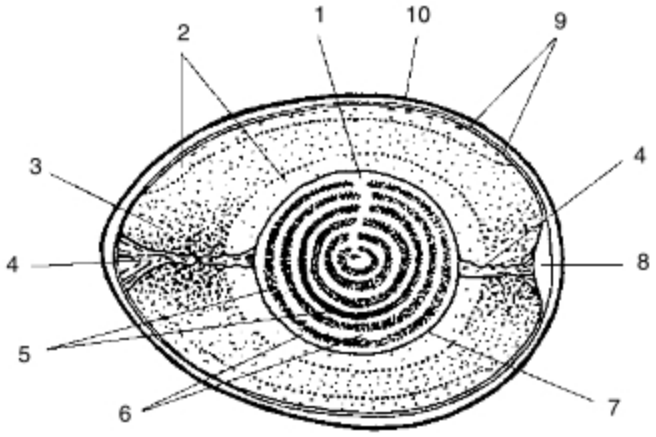


Schéma stavby ptačího vejce
1 – zárodečný terčík, 2 – řídký bílek, 3 – hustý bílek, 4 – poutko *(chalaza)*, 5 – tmavý žloutek, 6 – světlý žloutek, 7 – žloutková blána, 8 – vzduchová komůrka, 9 – vnější a vnitřní papírová blána, 10 – skořápka

Prosvětlením objevíme ve skořápce světlejší struktury. Jsou to trhlinky, které se během tvorby vejce ještě ve vejcovodu dodatečně zacelily.

Čerstvé neporušené vejce by mělo odolávat všesměrnému postupnému tlaku silně sevřené dlaně i při sebevětším stisknutí. *(Vajíčka s nevyhovující tenkou skořápkou, tzv. křapky, jsou neplnohodnotná. Jejich vznik je důsledkem metabolických poruch slepic, chybné výživy, nedostatku vitaminu D, příp. parazitárních chorob drůbeže.)*

Čerstvá vejce vzhledem k pohybujícímu se vnitřnímu obsahu v podstatě nerotují. Naopak obsah uvařeného vejce vytváří se skořápkou kompaktní pevný celek, rotující poměrně dlouho.

B. 2. POZOROVÁNÍ VZDUCHOVÉ BUBLINY SLEPIČÍHO VEJCE *(5 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Čerstvé a uvařené slepičí vejce, pinzeta, nůžky, prosvětlovací lampa.

✓ *Postup*

Vejce prosvětlíme a zjistíme polohu vzduchové bubliny.

✓ *Pozorování*

Vaječný bílek je obalen dvěma „papírovými“ blánami, tvořenými hustě propletenými bílkovinnými vlákny. Jedna těsně obaluje bílek, druhá vystýlá skořápku. Tvoří se při průchodu vajíčka dolní zúženou částí vejcovodu. Obě jsou bezbarvé, průsvitné a propustné pro plyny a tekutiny. Při postupu vajíčka vejcovody k sobě přiléhají, v okamžiku snesení vejce však dochází k výraznému poklesu teploty *(z 41 °C v těle slepice na aktuální teplotu okolí)*. Obsah vejce se smršťí. Na tupém konci vejce se blány rozestoupí, čímž vznikne plynová bublina. Z toho vyplývá, že vejce má být skladováno vždy tupým koncem nahoru, aby váha jeho obsahu nespočívala na papírové blance. Při otřesech během dopravy by mohlo snadno dojít k jejímu protržení. Bublina takto znehodnoceného vejce se při prosvětlení pohybuje jako bublina vodní váhy. Skutečnosti zjištěné na čerstvém vejci ještě ověříme na vejci uvařeném.

B. 3. POZOROVÁNÍ BÍLKU SLEPIČÍHO VEJCE *(30 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Čerstvé vejce, bílek z čerstvého vejce, skleněná miska, pipeta, teploměr, vodní lázeň, voda, koncentrovaná HNO_3, kádinky, 25% roztok čpavku, kahan, drátěná síťka, 1% $CuSO_4$, 20% NaOH.

✓ *Postup*

Ve zkumavce k 1 ml bílku kápneme asi pětinásobek destilované vody, protřepeme až do vzniku koloidního roztoku, přefiltrujeme přes vatu a filtrát rozdělíme do 3 zkumavek. Obsah jedné zahřejeme na vodní lázni a zaznamenáme její teplotu, při níž pozorujeme výrazné změny. K obsahu další zkumavky přidáme konc. HNO_3, mírně zahřejeme nad kahanem, pozorujeme změny. Přikápneme 25% roztok čpavku a zaznamenáme výslednou reakci. Do třetí zkumavky přidáme stejný objem 20% hydroxidu sodného, po kapkách přidáváme 1% roztok $CuSO_4$ a pozorujeme změny.

✓ *Pozorování*

Vaječný bílek se tvoří při průchodu vajíčka horní a střední částí vejcovodu. Obsahuje lyzozymy s baktericidními vlastnostmi. V těsném okolí žloutku bývá bílek řidší. Žloutek je v bílku v polárním směru ukotven poutky, která ho drží v centrální poloze a tlumí případné otřesy. Poutka jsou poddajná a umožňují zárodečnému terčíku pohyb po výživném žloutku vždy nahoru, směrem k přirozenému zdroji tepla, jímž jsou nažiny některého z rodičů, kteří na vejcích sedí. Bílek je čirý, poměrně hustý. Postupně ztekucuje. Jeho ztekucování urychluje teplota nad 20 °C.

Vlastnosti bílkovin obsažených ve vaječném bílku ověříme pokusně. Když dostoupí teplota vodní lázně na 60 °C, začnou se v koloidním roztoku první zkumavky objevovat vločky vysrážené bílkoviny *(typická vlastnost – koagulace bílkovin).* Ve druhé zkumavce pozorujeme xantoproteinovou reakci. Působením kyseliny dusičné vzniká žlutá sraženina *(charakteristické pro nitrosloučeniny bílkovin s benzenovým jádrem).* Přidáním roztoku čpavku se žlutá barva prohloubí v oranžovou. Ve třetí zkumavce pozorujeme biuretovou reakci. Její obsah se vybarví výrazně modrofialově. I tuto reakci známe z chemie jako specifickou pro důkaz přítomnosti bílkovin.

B. 4. POZOROVÁNÍ ŽLOUTKU SLEPIČÍHO VEJCE *(5 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Oplozené slepičí vejce, prosvětlovací lampa, kahan, kovová lžička, nůžky, skleněná miska.

✓ *Postup*

Vajíčko prosvětlíme a zjistíme polohu žloutku. Odstraníme část skořápky, odstřihneme papírovou blanku a pozorujeme polohu zárodečného terčíku. Posléze žloutek zahřejeme na kovové lžičce.

✓ *Pozorování*

Žloutek je na čerstvém prosvětleném vejci vidět jako tmavší odstín. Je obalen žloutkovou blánou, která se vytváří ve vaječníku před vcestováním vajíčka do vejcovodu. U čerstvých vajec je žloutek méně pohyblivý než u vajec starších *(přijímá postupně vodu z bílku, zvětšuje se, ztekucuje, až kazí. Obsah vejce pak nepříjemně páchne po H_2S – tzv. „pukance".)* Žloutek tvoří asi 32 % váhy čerstvého vejce. V zimě bývá bledý, při možnosti pastvy drůbeže se vybarvuje rostlinnými barvivy *(xantofyly)* sytě žlutě. Výživný žloutek je tvořen tmavšími a světlejšími soustřednými vrstvami žloutku. U oplozených vajec bývá na jeho povrchu zárodečný terčík o velikosti 2–3 mm. Je specificky lehčí a nachází se vždy na povrchu zásobního *(= výživného)* žloutku. Vzniká z „tvořivého žloutku" neoplozeného vejce. Po oplození se výrazně zvětší, zakulatí a vybarví červeně.

24. Pozorování savců

K dokonalému poznání tělesné stavby savce bude příležitost při studiu biologie člověka ve vyšším ročníku. V našem praktiku se zaměříme na praktické poznání obecně uváděných morfologických a anatomických znaků savců. Vhodným modelovým organizmem jsou středně velcí savci, např. králík, morče, **laboratorní potkan** *(Rattus norvegicus)* příp. laboratorní myš. Myši a hraboše odchycené v terénu k běžně prováděnému pitevnímu praktiku z hygienických důvodů nedoporučuji *(např. možnost přenosu leptospirózy)*. Studentům s vyhraněným zájmem o anatomii doporučuji exkurze do veterinárních zařízení, kde mohou důvěrně poznat anatomii psů, koček, ale i velkých hospodářských zvířat. Pro naše školní laboratorní praktikum zvolíme albinotického laboratorního potkana.

A. POZOROVÁNÍ MORFOLOGIE A ANATOMIE POTKANA *(45 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živý laboratorní potkan, éter nebo chloroform, skleněná nádoba s víkem, pitevní miska, anatomické nůžky, pinzeta, špendlíky.

✓ *Postup*

Doporučuji, aby v přípravné fázi praktika učitel potkana usmrtil parami éteru nebo chloroformu. U zvířete se zaměříme na pozorování tvaru a povrchových struktur jeho těla a zjištěné údaje zapíšeme. Posléze potkana položíme na pitevní misku na hřbet a upevníme za končetiny. Navlhčenou srst na břišní straně těla rozčísneme a vedeme řez kůží od penisu *(příp. poštěváčku)* po bradu, nastřihneme i kůži na vnitřní straně končetin, odklopíme ji a po stranách šikmo přišpendlíme k podložce *(kůže je po celém těle přirostlá podkožním vazivem a svaly. V podkožním vazivu se u starších jedinců ukládá tuk.)*. Orgány uvnitř tělní dutiny zakreslíme a popíšeme.

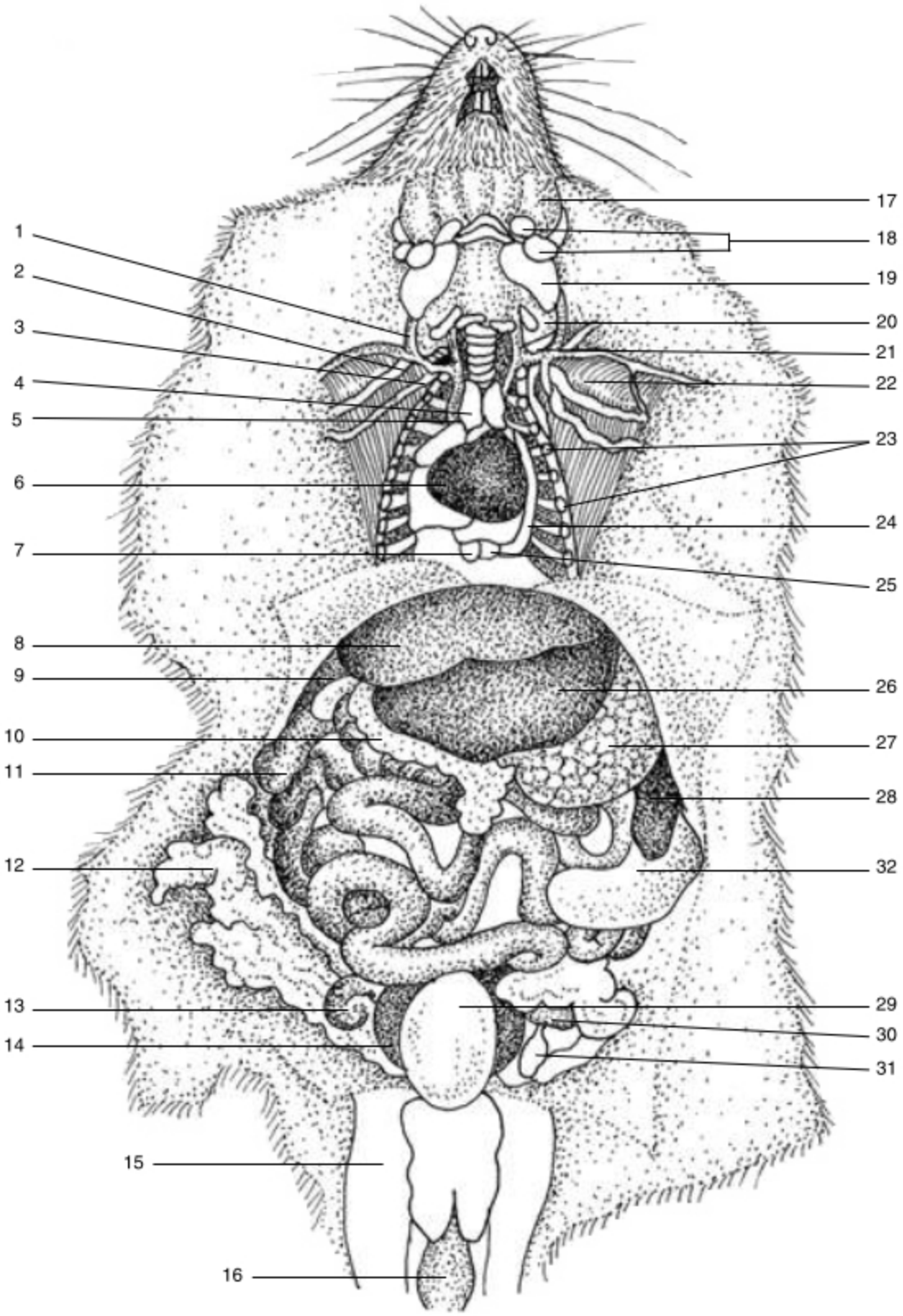
✓ *Pozorování*

Potkan pochází z Mandžuska. Dnes je rozšířen kosmopolitně, tedy po celém světě v lidských sídlech *(synantropie)*. Žije stádově ve sklepech, v chlévech, v kanalizační síti atp. Je velmi obratný, mimořádně čilý a zvědavý. Při přemnožení a za hladu je i agresivní. Jedinou jeho obranou je útěk. Převažuje jeho aktivita za soumraku, avšak při výchově mláďat periodicky střídá aktivitu a spánek i během 24 hodin *(jeho aktivita je tedy polyfázová)*. Potkani jsou všežraví. Rodí 6–10 holých a slepých mláďat i 6× ročně *(jsou tedy druhem polyestrickým)*. Jejich mláďata jsou po šesti týdnech schopna samostatného života, ve stáří 10–12 týdnů pohlavně dospívají a jsou schopna se dále množit. Potkani jsou v terénu nositeli parazita svalovce stočeného, jejich močí se může šířit Weilova žloutenka.

Albinotický laboratorní potkan byl vyšlechtěn v roce 1856 v Americe. Je jedním z nejpoužívanějších laboratorních zvířat. Stal se pokusným zvířetem vědeckého odvětví zkoumajícího chování zvířat – behaviorismu. Pro účely pitevního praktika je můžeme získat z veterinárně kontrolovaných chovů v nemocnicích, ve vědeckých ústavech, v zoologických zahradách atp.

Tělo potkana je členěno na hlavu, krk, trup, ocas a přední a zadní končetiny. Tělo je kryto srstí. Rozlišujeme tři typy chlupů: delší pesíky *(funkce krycí)*, krátkou jemnou podsadu *(funkce termoizolační)* a dlouhé husté chlupy hmatové *(sinusové)*, tvořící v okolí úst potkana, jako typického obyvatele nor, pro zvíře mimořádně významnou hmatovou zónu. Všechny čtyři končetiny má potkan pětiprsté. Přední končetiny jsou kratší a slabší než končetiny zadní. Na dlaních a ploskách má potkan nášlapné polštářky. Na prstech *(s výjimkou zakrnělého palce předních noh)* má dorůstající nezatažitelné drápy. Jeho ocas má zejména při častém vztyčování se a panáčkování jedince funkci balanční. Je pokryt zrohovatělými šupinami v 210 kruzích a je vždy kratší než tělo *(druhově příznačný znak, odlišující potkana od krysy)*.

Obličejová část hlavy potkana je protažená, s dobře vyvinutým čichovým orgánem. Má úzké uzavíratelné nozdry. Jeho oči jsou poměrně velké a posunuté do stran, což umožňuje potkanovi relativně velmi



Vnitřní stavba těla potkana

1 – zevní žíla jařmová
2 – vnitřní žíla jařmová
3 – žíla podklíčková
4 – brzlík
5 – pravá přední dutá žíla
6 – srdce
7 – zadní dutá žíla
8 – vnitřní lalok jater
9 – pravý postranní lalok jater
10 – slinivka břišní
11 – tenké střevo
12 – tukové těleso
13 – semenné žlázy
14 – žláza předstojná
15 – šourek
16 – konečník
17 – slinná žláza
18 – mízní uzliny
19 – žláza podčelistní
20 – část klíční kosti
21 – žíla podklíčková
22 – sval hrudní
23 – prostřižená žebra
24 – srdečnice
25 – jícen
26 – levý postranní lalok jater
27 – žaludek
28 – slezina
29 – močový měchýř
30 – část tlustého střeva
31 – chámovod
32 – slepé střevo

dokonalou zrakovou orientaci. Horní pysk potkana má svislý rozštěp. Jeho chrup má všechny typické znaky chrupu hlodavců *(zubní vzorec má stejný jako myš 1003/1003).* Jeho řezáky rostou po celý život. Obrušují se dlátovitě, protože vpředu mají odolnější sklovinu. Hrbolaté žvýkací plošky stoliček svědčí o tom, že potkan je všežravec. Mezera mezi řezáky a stoličkami se odborně nazývá diastema.

Krk potkana je poměrně krátký a velmi pohyblivý. Jeho trup je podlouhle válcovitý; končí řitním otvorem pod kořenem ocasu. Před ním mají samci penis a dospělí samci varlata sestouplá v řídce ochlupeném šourku. U samic je homologickým orgánem penisu poštěváček, při jehož bázi vyúsťuje samostatně močová roura. Směrem k řitnímu otvoru dále následuje samostatná pochva a hrázka. Potkani mají v okolí pohlavních orgánů četné pachové žlázky, jejichž výměšky označují své teritorium, vyhledávají jedince opačného pohlaví atp. Na břiše samice je vyústění mléčných žláz *(3 páry bradavek v krajině tříslové a 3 páry bradavek v krajině hrudní).*

Pod kůží potkana se od prsní kosti k pánvi táhne přímý sval, rozdělený v ose těla podélným bílým vazivem, po stranách těla jsou napojeny šikmé vnější svaly břišní. Od prsní kosti k předním končetinám jde výrazný sval prsní. Po prostřihnutí svalové vrstvy břišní stěny a hrudníku vidíme pobřišnici vystýlající dutinu břišní a bránici, oddělující vzájemně dutinu hrudní a břišní. Po odstřižení části hrudního koše a krčního svalstva vidíme na krku hrtan a chrupavčitou průdušnici, za níž leží jícen. Po jeho obou stranách probíhají tepny krkavice *(bělavé)* a jařmové žíly *(červené).* V místě rozvětvení průdušnice se nachází brzlík. V obou polovinách hrudní dutiny jsou plíce, v levé části hrudníku je uloženo srdce. V klenbě bránice v dutině břišní jsou hnědočervená játra produkující žluč *(potkan nemá vytvořen žlučový váček).* Napříč břišní dutiny je pod játry umístěn žaludek. Z něj vychází dvanáctník, pokračující kličkami tenkého střeva. V dolní levé části břišní dutiny je široké slepé střevo. V tomto místě přechází tenké střevo ve střevo tlusté *(tračník vzestupný, příčný, sestupný).* V jeho sestupném tračníku se formuje pro potkany charakteristický trus – válečkovité bobky. Po odchlípení střev vidíme ve hřbetě břišní dutiny párové ledviny. V dolní části břišní dutiny je vakovitý močový měchýř. U samic v jeho sousedství nacházíme pochvu s dvojitou dělohou. Samci mají po straně močového měchýře prostatu a semenné žlázy a v šourku uložená varlata.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

36. ještěrkovitý, želvovitý, hadovitý
37. hmyz
38. nezahřívají
39. rybožravé želvy
40. obratlů
41. zakrnělý hřbetní krunýř
42. země
43. zakrnělými končetinami
44. polykat vcelku
45. složeny dozadu
46. vzájemně pohyblivá
47. stálá
48. lehká a pevná
49. břišním kožním vaku
50. tinami
51. rybami
52. kura bankivského
53. vykrojeného rejdováku
54. pěvců
55. hrdlička zahradní
56. se zbavuje roztočů
57. na dně potoků
58. čich
59. sedm
60. nutrie říční

Výsledky testu:

61a; 62c; 63b; 64a; 65d; 66c; 67a; 68b; 69c; 70a; 71b; 72c; 73c; 74a; 75a; 76d; 77b; 78c; 79d; 80a; 81a; 82b; 83b; 84a; 85c; 86b; 87a; 88a; 89a; 90c

Správná tvrzení:

91 ano; 92 ne; 93 ano; 94 ano; 95 ne; 96 ne; 97 ano; 98 ano; 99 ne; 100 ano; 101 ano; 102 ano; 103 ne; 104 ano; 105 ne; 106 ne; 107 ano; 108 ne; 109 ne; 110 ano; 111 ne; 112 ne; 113 ano; 114 ne; 115 ne; 116 ano; 117 ne; 118 ano; 119 ano; 120 ano; 121 ano; 122 ano; 123 ano; 124 ano; 125 ne

FYLOGENEZE DRUHŮ A EVOLUCE ORGÁNŮ

(str. 204–214, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

paleozoologie
otisky
zkameněliny
vývoj
– fylogenetický
– ontogenetický
starohory
prvohory
druhohory
třetihory
Diblastica
Triblastica
prvoústí
druhoústí
ektoderm
entoderm
mezoderm
schizocoel
pseudocoel
coelom
gastrula
prvoústa
prvostřevo
adaptace
amnion
allantois
seróza
kostra
– vnější
– vnitřní
derivát pokožky
myofibrila
myomery
bránice
žlázy
– endokrinní
exteroreceptor
interoreceptor
trubice
– Eustachova
kloaka
trávení
– intracelulární
– extracelulární
– mimostřevní
– extraintestinální
systém
– gastrovaskulární
dýchání
– vnější
– vnitřní
soustava
– ambulakrální
žábry vnější
cévní soustava
– otevřená
– uzavřená
– pseudohemální
hemolymfa
srdce
– venózní
– arteriovenózní
protonefridie
metanefridie
trubice
– Malpighiovy
nefron
váček
– Bowmanův
hermafrodit
gonochorický
partenogeneze
metageneze
rozmnožování
– nepohlavní
– pohlavní
vývoj přímý
proměna
– nedokonalá
– dokonalá
nymfa
larva

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Pohovořte o předpokládaném vývoji živočišné říše v prvohorách.
2. Jak patrně probíhal fylogenetický vývoj druhoústých?
3. Které orgány jsou původu ektodermálního, které entodermálního a které mezodermálního?
4. Pohovořte o evoluci tělesného pokryvu u bezobratlých a obratlovců.
5. Co víte o evoluci opěrné soustavy a svalstva živočichů?
6. Charakterizujte jednotlivé typy nervových systémů živočichů.
7. Co vás zaujalo na evoluci jednotlivých typů smyslových ústrojů *(podle zdrojů podnětů pro receptory).*
8. Uveďte charakteristiky typů trávicích ústrojů bezobratlých a obratlovců.
9. Pojednejte o evoluci oběhové soustavy bezobratlých a obratlovců.
10. Čím jsou pozoruhodné jednotlivé systémy dýchání živočichů?
11. Uveďte příklady orgánů umožňujících uchvácení potravy.
12. Podejte stručnou charakteristiku evolučních typů vylučovacích a rozmnožovacích soustav živočichů.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

13. Účinný aerobní mechanizmus předků dnešních živočichů se začal rozvíjet ……
14. Skupiny rybovitých obratlovců se začaly mohutně rozvíjet v ……
15. Vývoj plazů nezávislý na vodním prostředí začal v ……
16. Vývojový proces vzniku savců se nazývá ……
17. Barrandien je jedno z největších nalezišť ……
18. Kostěné šupiny ryb se vyvíjejí pouze ze ……
19. Základem vnitřní kostry obratlovců je ……
20. Svalstvo bezobratlých se upíná na chitinový krunýř ……
21. Hormony prolínají z endokrinních žláz do krve ……
22. Proces zvětšování povrchu koncového mozku rýhami a závity se nazývá ……
23. Z bezobratlých mají nejdokonalejší zrakové ústrojí ……
24. Složené oči hmyzu jsou tvořeny velkým počtem ……
25. Orientaci ryb v kalné vodě a za tmy umožňuje ……
26. Rozhodujícím smyslem většiny obratlovců je ……
27. Parazitické druhy trávicí soustavu ……
28. Složený žaludek velblouda jednohrbého je tvořen ……
29. Trávicí plochu tenkého střeva savců zvětšují ……
30. Společný močopohlavní vývod ptáků se nazývá ……
31. Plynový měchýř ryb má funkci ……
32. Venózním srdcem ryb prochází pouze krev ……
33. Dusíkaté látky jsou z živočišného těla odstraňovány ……
34. Podobá-li se mládě ihned dospělci, jde o ……
35. Trubci včely medonosné vznikají ……

✓ *Test*

36. **Mezoderm prvoústých coelomových druhů vzniká:**
    a) založením párových váčků z entodermu střeva
    b) dělením primordiálních buněk
    c) vcestováním buněk ektodermu
    d) segmentací buněk blastuly

37. **Výchozím typem vývojových linií savců byli:**
    a) starobylí hmyzožravci
    b) savci vejcorodí
    c) Thecodonti
    d) drobní dinosauři

38. **První ptáci jsou doloženi:**
    a) z triasu
    b) z permu
    c) z jury
    d) z terciéru

39. **Hlavním zdrojem pohybu vodních obratlovců je:**
    a) párová hrudní ploutev
    b) myomery podkožního svalového vaku
    c) svalovina končetin
    d) svalstvo ocasu

40. **Nehty, drápy a kopyta vznikají:**
    a) ze škáry
    b) z pokožky
    c) z podkožního vaziva
    d) z kutikuly

41. **Žebříčkovitá nervová soustava bezobratlých prochází:**
    a) břišní stranou těla
    b) pod pokožkou břišní i hřbetní strany těla
    c) hřbetní stranou těla
    d) podkožní sítí neuronů

42. **Barevné vidění kostnatých ryb a ptáků je umožněno:**
    a) dokonalým optickým aparátem oka
    b) schopností akomodace
    c) přítomnosti tyčinek v sítnici
    d) čípky v sítnici oka

43. **Oko obratlovců je orgán původu:**
    a) ektodermálního
    b) entodermálního
    c) mezodermálního
    d) smíšeného ektodermálního a mezodermálního

44. **Eustachova trubice:**
   a) je sídlem vnímání polohy těla
   b) propojuje střední ucho s hltanem
   c) registruje vibraci sluchových kůstek
   d) nahrazuje u plazů ušní boltce

45. **Plicní vaky ptáků mají funkci:**
   a) dýchací
   b) zřasují vnitřní plochu plic
   c) nahrazují plicní sklípky savců
   d) nadlehčovací, chladící a intenzifikační

46. **Tělní krevní oběh ptáků je veden:**
   a) z pravé srdeční komory do těla a zpět
   b) z levé předsíně do plic a dále do těla
   c) z levé komory do těla a zpět do pravé předsíně
   d) z levé komory do plic, dále do těla a zpět do pravé předsíně

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
47. Každá buňka druhoústých může v nejranější fázi vývoje dát základ celému organizmu.	○	❑
48. V kambriu byli bezobratlí již evolučně stabilizováni.	○	❑
49. Krytolebci vymřeli v triasu.	○	❑
50. Vačnatci a placentálové vznikli vzájemně nezávisle v křídě.	○	❑
51. Ptáci jsou příbuzní s ptakoještěry.	○	❑
52. První létavý hmyz vznikl v devonu.	○	❑
53. V souvislosti s pokročilejším fylogenetickým vývojem nedochází k funkčnímu zdokonalování orgánů.	○	❑
54. Rohy jsou původu pokožkového, parohy kostěného.	○	❑
55. Obličejová část lebky vznikla přeměnou prvních párů žaberních oblouků.	○	❑
56. Letové svalstvo ptáků je umístěno v křídlech.	○	❑
57. Pohárkovité oči kroužkovců vnímají i směr dopadajícího světla.	○	❑
58. Sluchová funkce ucha je proti vnímání polohy a pohybu původnější.	○	❑
59. Obojživelníci a plazi mají vyvinuto pouze střední ucho s jedinou sluchovou kůstkou.	○	❑
60. Jacobsonův orgán umožňuje želvám vnímat chemické podmínky okolního prostředí.	○	❑
61. Pavouci vysávají natrávený tekutý obsah své kořisti.	○	❑
62. Trávicí soustava obratlovců je z větší části původu ektodermálního.	○	❑
63. Ptáci mají vole a dva žaludky.	○	❑
64. Plicní vaky pavouků jsou původu entodermálního.	○	❑
65. Zvuky jsou vydávány hlasivkami, které rozechvívá vzduch vyrážený z plic.	○	❑
66. Kroužkovci vylučují tekuté zplodiny látkové výměny metanefridiemi.	○	❑
67. Živočišné druhy s odděleným pohlavím označujeme termínem hermafroditi.	○	❑
68. Ptáci mají vaječníky párové.	○	❑
69. Základní funkční součástí ledvin obratlovců je nefron.	○	❑
70. Zárodek placentálních savců se v těle matky vyvíjí v děloze.	○	❑

Praktická cvičení

25. Fylogeneze a evoluce orgánů

A. SROVNÁNÍ DÝCHACÍ SOUSTAVY HROTNATKY, LARVY VÁŽKY A VČELY MEDONOSNÉ *(30 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Živé hrotnatky, larva vážky, včelí dělnice, 0,005% roztok $AgNO_3$, Petriho miska. lupa, akvárium, pomůcky k mikroskopování a mikroskop.

✓ *Postup*

Do jamky na podložním sklíčku dáme kapku vody s hrotnatkou a pozorujeme mikroskopem při malém zvětšení. Po chvíli přikápneme roztok $AgNO_3$ a v zorném poli zjištěné změny zaznamenáme do protokolu. Larvu vážky dáme do staršího akvária s vodními rostlinami a detritem a pečlivě pozorujeme záď jejího těla. Poslední pozorování provedeme na včele nebo na vose v Petriho misce, kdy sledujeme ventilační pohyby zadečku.

✓ *Pozorování*

Hrotnatka v kapce vody neustále pohybuje hrudními nožkama, na nichž má umístěny žábry. Vytváří se tak proud vody, přivádějící k žaberním lupínkům kyslík. Tuto skutečnost potvrdíme přikápnutím roztoku dusičnanu stříbrného. Žaberní lupínky kmitajících nožek hrotnatky hnědnou vyredukovaným stříbrem. Probíhá reakce: $Ag^+ + 1e^- \rightarrow Ag^0$. Detrit v těsném okolí zadečku larvy je mírně rozvířen. Larva vážky totiž dýchá konečníkem, do něhož vodu nasává a vypuzuje zpět.

Včela, příp. vosa neustále zasunuje a vysunuje články svého zadečku. Jsou to ventilační pohyby, jimiž nasává a vypuzuje vzduch do své vzdušnicové soustavy.

(Toto zjištění můžeme doplnit pozorováním včelích dělnic přilétajících od zdroje snůšky na česno úlu. Včely zatížené nákladem nektaru /v medném volátku/ nebo pylu /v košíčcích třetího páru noh/ těžce dosedají na česno úlu, intenzivně dýchají a teprve po chvilce odpočinku kráčejí do nitra úlu.)

B. ZJIŠTĚNÍ TYPU ONTOGENEZE HMYZÍHO DRUHU *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Vývojová stadia a dospělci zástupců řádu vážky, švábi, ploštice, brouci a dvoukřídlí konzervovaní v etanolu, preparační miska, lupa, preparační mikroskop, entomologické špendlíky.

✓ *Postup*

Dospělce a vývojová stadia příslušných druhů setřídíme a lupou nebo preparačním mikroskopem pozorujeme členění těla, přítomnost složených očí, křídelních pochev, typ ústního ústrojí, stavbu končetin a celkovou podobnost s dospělci. Provedeme schematické nákresy. Ze zjištěných údajů sestavíme tabulku. Vyhodnotíme ji a rozhodneme, zda příslušný druh hmyzu má proměnu dokonalou, či nedokonalou.

✓ *Pozorování*

Hmyz může mít vývoj přímý *(např. šupinušky)*, nebo nepřímý. Ten pak zákonitě probíhá buď proměnou nedokonalou, nebo proměnou dokonalou.

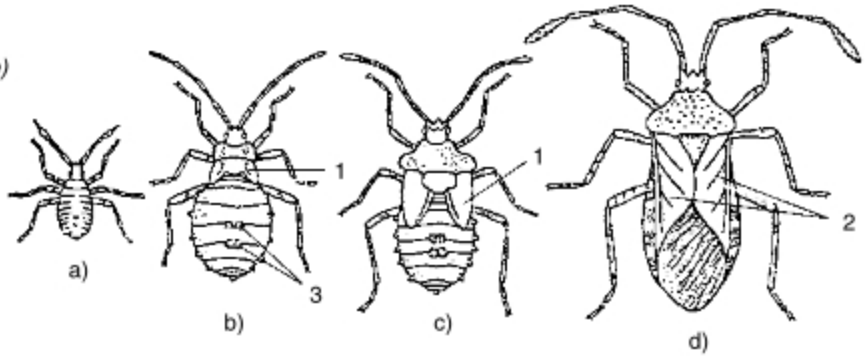
Znaky hemimetabolie *(proměny nedokonalé)*:

Nymfy mají složené oči, pětičlánkové končetiny a křídelní pochvy. Nemají vnější pohlavní orgány. Ústní ústrojí mají shodné s dospělci, jimž se i celkově podobají *(dospělec vzniká přímo svlečením posledního vývojového stadia nymfy).*

Proměna hmyzu I. – **nedokonalá** *(ploštice)*

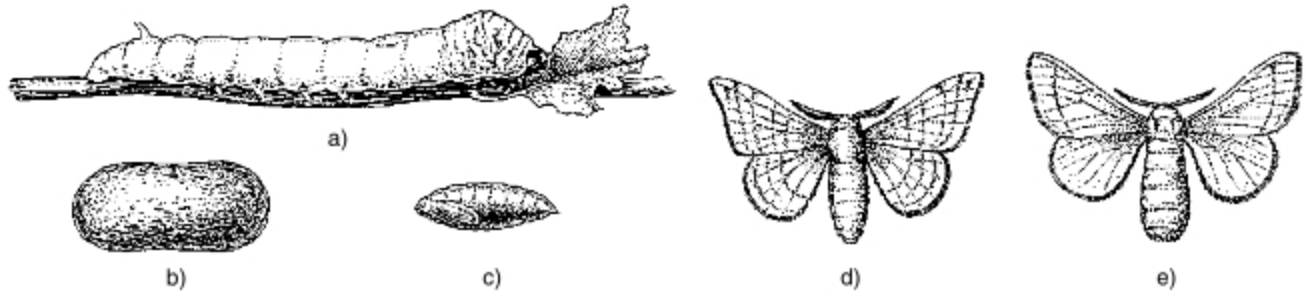
a)–c) nymfy, d) dospělec

1 – křídlové pochvy
2 – polokrovky
3 – pachové žlázky



Znaky holometabolie *(proměny dokonalé)*:

Larvy mají jen jednoduchá očka *(nikdy složené oči)* a jsou zpravidla bez končetin, příp. mají jen panožky. Nikdy nemají základy křídel a rovněž nejsou podobné dospělcům. Mívají i odlišný typ ústního ústrojí. Poslední larvální *(tedy pohyblivé)* stadium se mění v nehybnou kuklu, v níž se embryonální vývoj dokončuje zásadní přestavbou v tělesnou organizaci dospělce.



Proměna hmyzu II. – **dokonalá** *(bourec morušový)*

a) housenka, b) zámotek *(kokon)*, c) kukla vyjmutá ze zámotku, d) sameček, e) samička

Úkol pro opakování učiva:

Které hmyzí řády mají proměnu nedokonalou a které mají proměnu dokonalou?

Znáte obsah pojmu kutikula, ekdyse, instar, exuvie, ekdyson, nymfa, larva?

Víte, které druhy hmyzu jsou primárně bezkřídlé, které sekundárně bezkřídlé, které řadíme k hmyzu „starokřídlému" a které k hmyzu „novokřídlému"?

C. RÝHOVÁNÍ ŽABÍCH VAJÍČEK *(40 minut)*

(Všechny druhy skokanů jsou v naší republice chráněny. Pro pokus bereme vajíčka z louží v úvozech cest, kde by pulci vzhledem k pravděpodobnosti jejich vyschnutí ještě před dokončením larválního vývoje stejně uhynuli.)

✓ *Materiál a pomůcky*

Čerstvě snesená vajíčka skokanů, širokohrdlá láhev od okurek, 10 zkumavek, 10% roztok formalinu, podložní sklíčko s vybroušenou jamkou, mikroskop.

✓ *Postup*

Čerstvě nakladená vajíčka skokanů přeneseme i s rosolovitými obaly do širokohrdlých láhví s dostatkem vody *(skokan hnědý se páří koncem března, skokan zelený v první dekádě května)*. Prvních 6 hodin odebíráme vajíčka každou hodinu do označených zkumavek s 10% roztokem formalinu, pak po 12 a 24 hodinách. Vajíčka z různých fází vývoje v časové posloupnosti jejich odběru pozorujeme mikroskopem v kapce bez krycího sklíčka v dopadajícím světle a zakreslíme.

✓ *Pozorování*

Vajíčka skokanů jsou kulovitá, tmavá a v rosolovitém obalu. Jsou poměrně chudá na žloutek, který je ve vajíčku rozložen nerovnoměrně. Je nahromaděn na tzv. vegetativním pólu, který je světlejší. Tmavší protipól je tvořen plazmou a je označován jako animální. Pozorujeme postupné rýhování vajíček. Jde o rýhování úplné *(totální)*, avšak vzhledem k nerovnoměrnému rozložení žloutku nejsou vznikající blastomery stejně velké *(tento typ rýhování je odborně označován jako inekvální).*

D. VLIV ABIOTICKÉHO FAKTORU NA VÝVOJ ŽABÍCH PULCŮ

(dlouhodobý pokus, asi měsíc)

✓ *Materiál a pomůcky*

Mladí pulci, dvě širokohrdlé skleněné láhve od okurek, mražený špenát, dva teploměry.

✓ *Postup*

Mladé pulce odchované z vajíček *(při chovu nutno denně obměňovat vodu!)* chováme ve dvou skleněných nádobách *(denně krmíme přiměřeným množstvím mraženého špenátu tak, aby nezůstávaly zbytky nezkonzumované potravy)*. V jedné nádobě za normální teploty, v druhé vodu výrazně podchlazujeme pravidelným přidáváním kosteček ledu. Teplotu vody v obou nádobách sledujeme teploměrem a množství přidávaného ledu regulujeme tak, aby teplota vody v nádobě byla asi o 8 °C až 10 °C nižší. Pozorujeme rozdíly v růstu sledovaných pulců v obou nádržích.

✓ *Pozorování*

I při stejné výživě pulců v obou sledovaných nádobách pulci v nádobě s normálně teplou vodou rostou podstatně rychleji než pulci v nádobě s vodou soustavně ochlazovanou.

E. VÝVOJ PTAČÍHO ZÁRODKU *(40 + 40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Čerstvá oplozená slepičí vejce, termostat, preparační souprava, lupa, mikroskop, lžička z umělé hmoty, malé ostré špičaté nůžky, entomologická pinzeta, hodinkové sklíčko, 5% roztok formalinu.

✓ *Postup*

Přípravu praktika zahájíme s týdenním předstihem. Do termostatu seřízeného na teplotu drůbeží líhně vkládáme každý den po dvou vejcích. V termínu praktika pak máme k dispozici 6 dvojic vajíček se zárodky v různém stupni inkubace. Při preparaci zárodku držíme vejce zásadně v poloze, v níž bylo v líhni *(zárodek plave vždy nahoře na žloutku).* Do vajíčka pronikneme na tupém konci v místě bubliny a skořápku postupně opatrně asi z jedné třetiny odlámeme, aniž bychom porušili papírovou blánu. Zárodek si prohlédneme volným okem i lupou. Pak pokračujeme v odstraňování skořápky asi do poloviny. Opatrně odstraňujeme bílek a odstříháváme poutka tak, aby nedošlo k deformaci žloutku. Zbývající skořápku i se žloutkem vložíme do misky s 5% formalinem. Když je celá žloutková koule ponořená, opatrně ji vyklopíme. Formalin necháme působit asi 4 hodiny. Pak terčík se zárodkem odstřihneme do hloubky 5 mm. Stáhneme z něj žloutkovou membránu a nadále fixujeme ve formalinu samostatně. *(se zatíženými okraji, aby se membrána nezvlnila).* Pak ji přeneseme na hodinkové sklíčko a pozorujeme preparační lupou *(při pozorování mikroskopem podkládáme krycí sklíčko kousíčky plasteliny).* Objevené struktury schematicky zakreslíme a popíšeme.

✓ *Pozorování*

Pozorované zárodky jsou velmi podobné raným fázím zárodků ryb, obojživelníků, plazů i savců. Znaky charakteristické pro vlastní třídu či rod získávají a od zástupců jiných tříd se morfologicky odlišují až dal-

ším vývojem. Tato skutečnost významně podpořila Darwinovu teorii a dokladuje zákonitost, že ontogenetický vývoj jedince je stručnou rekapitulací jeho fylogenetického vývoje jako druhu. *(Základní biogenetický zákon vyslovený E. Haeckelem.)*

Nejzajímavější poznatky získáme pozorováním 4–5denních zárodků, které mají již zřetelně se zakládající hlavovou část s nápadně velkým okem. Při otevření skořápky ještě asi půl hodiny tepe jeho srdce a vidíme i proudění krve ve žloutkových cévách *(zpočátku až 90 tepů za minutu)*. Těsně za hlavou se zakládají žaberní štěrbiny *(u ptáků se ale nikdy neprolomí a nejsou funkční)*. Celý zárodek plave v amniovém vaku v tekutině, která mu vytváří mikroklima nahrazující vodní prostředí nezbytné pro jeho vývoj.

Návod ke zhotovení improvizované líhně z láhve od okurek: Na dno dáme do tlusté vrstvy vaty 2 vejce a misku s vodou (vodu neustále doplňujeme). Těsně nad vejce umístíme teploměr. Teplotu 38 °C až 40 °C, která je optimální pro vývoj zárodků, regulujeme povytažením či zanořením žárovky a ventilací hrdlem láhve. Vejce nejméně 2× denně opatrně obracíme. Šikmo nad vejce zasuneme matovanou skleněnou destičku tak, aby ležela ve vatě na dně a nahoře se opírala o hrdlo láhve. Destička jednak rozptyluje světlo, ale současně je oporou pro volně položenou žárovku 25 W až 40 W. Velikost ventilačního otvoru v hrdle sklenice upravujeme jinou skleněnou destičkou.

F. SROVNÁNÍ STUPNĚ VÝVOJE KONČETIN SUCHOZEMSKÝCH OBRATLOVCŮ V ZÁVISLOSTI NA ZPŮSOBU JEJICH POHYBU *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Kosterní a kapalinové preparáty, odborná literatura, anatomické obrazy, vlastní protokoly o pitvách.

✓ *Postup*

Studiem a srovnáváním dokumentačního materiálu posuďte stavbu končetin zástupců jednotlivých tříd suchozemských obratlovců *(příp. adaptaci k létání, k hrabavému způsobu života, redukci prstů ptáků, sudokopytníků a lichokopytníků atp.)*. Schematicky zakreslete a popište.

✓ *Pozorování*

Anatomická stavba končetin suchozemských obratlovců je v zásadě jednotně odvozena od stavby párových ploutví lalokoploutvých ryb. Hrudní končetina je připojena k osové kostře a v těle ukotvena pletencem lopatkovým, pánevní končetina pletencem pánevním. Základní stavební plán končetiny u různých skupin obratlovců bývá pozměněn v závislosti na charakteristickém způsobu jejich pohybu.

G. POROVNÁNÍ STAVBY A STUPNĚ VÝVOJE MOZKU ZÁSTUPCŮ RŮZNÝCH TŘÍD OBRATLOVCŮ *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

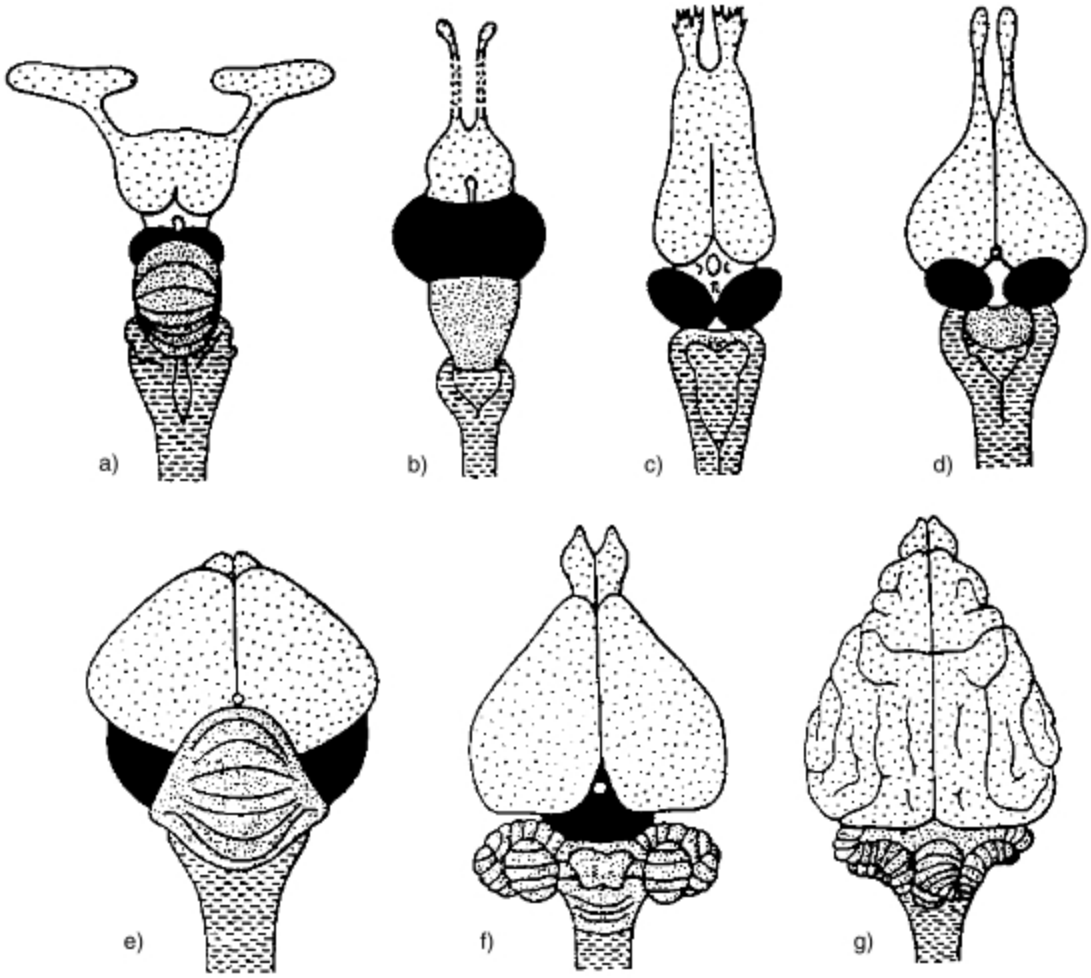
Trojrozměrné modely mozku žraloka, ryby, žáby, plaza, ptáka a savce *(králíka a psa)*, anatomický atlas.

✓ *Postup*

Pozorujeme modely mozků uvedených živočišných druhů; zakreslíme a popíšeme.

✓ *Pozorování*

Uvědomíme si, které funkce živočicha jsou řízeny příslušnou částí mozku. V kontextu s ekologickými podmínkami jeho života, způsobem pohybu a způsobem získávání potravy zdůvodníme rozvoj příslušné části jeho mozku.



Stavba mozku obratlovců
a) žralok, b) kostnatá ryba, c) žába, d) plaz, e) holub, f) králík, g) pes
(koncový mozek tečkovaně, mezimozek bíle, střední mozek černě, zadní mozek hustě tečkovaně, prodloužená mícha příčně čárkovaně)

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

13. koncem starohor
14. v devonu
15. v karbonu
16. mammalizace
17. trilobitů
18. ze škáry
19. vazivová struna hřbetní
20. zevnitř
21. přímo, osmoticky
22. gyrifikace
23. hlavonožci
24. složené
25. proudový orgán *(postranní čára)*
26. čich
27. nemají nebo je silně zjednodušená
28. třemi částmi
29. slizniční klky
30. kloaka
31. hydrostatického orgánu
32. odkysličená
33. vylučovacím ústrojím
34. vývoj přímý
35. partenogeneticky, z neoplozených vajíček

Výsledky testu:

36b; 37a; 38c; 39d; 40 b; 41a; 42d; 43d; 44b; 45d; 46c

Správná tvrzení:

47 ano; 48 ano; 49 ano; 50 ano; 51 ne; 52 ano; 53 ne; 54 ano; 55 ano; 56 ne; 57 ne; 58 ne; 59 ano; 60 ne; 61 ano; 62 ne; 63 ano; 64 ne; 65 ano; 66 ano; 67 ne; 68 ne; 69 ano; 70 ano

ETOLOGIE

(str. 214–226, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

podráždění
– nadprahové
reflex
– nepodmíněný
– podmíněný
I. P. Pavlov
behaviorismus
K. Lorenz
N. Tinbergen
K. von Frisch
etologie
tanečky včelí
kineze
taxe
podnět
– klíčový
– nadoptimální
vyladění
– vnitřní
komunikace
vtisk
habituace
signální
– funkce
– struktury
situace
– podnětová
mechanizmus
– spouštěcí
vnímání
– strukturní
podmiňování
vhled
tradice
biorytmus
amplituda
– teplotní
chování
– vrozené
– získané
– instinktivní
– apetenční
– vyhledávací
– potravní
– ochranné
– komfortní
– mimetické
– pohybové
– aposematické
– rozmnožovací
– rivalské
– partnerské
– sociální
– altruistické
– epimeletické
– přeskokové
– hravé
– pátrací
– objevitelské
– sociální
– rozmnožovací
souboj
– teritoriální
pilotování
vpečeťování
imprinting
urinace
mikce
vzdálenost
– útěková
feromon
autotomie
ritualizace
komunikace
– chemická
– optická
– dotyková
– akustická
dominance
submisivita
matriarchát
signály
– pachové
flémování
etogram chování
defekace
akineze
katalepsie
mimika
imitace
– chování
park
– národní
rezervace
– biosférická

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Vysvětlete princip nepodmíněného a podmíněného reflexu.
2. Popište projevy vrozeného chování kutilky písečné a květoliba včelího.
3. Vysvětlete princip včelích tanečků.
4. Definujte instinktivní chování a vysvětlete jeho fáze.
5. Jaké znáte etologické projevy ryb, obojživelníků a plazů?
6. Pojednejte o významu etologických projevů pro život ptáků.
7. Komentujte typické etologické projevy savců.
8. Pohovořte o chování podmíněném látkovou výměnou.

9. Pohovořte o chování ochranném a komfortním.
10. Pohovořte o chování rozmnožovacím.
11. Pohovořte o chování sociálním.
12. Pohovořte o formách získaného chování.
13. Komentujte lidské úsilí o záchranu divokých zvířat.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

14. Chování zvířat se stalo i literárním námětem: např. ……
15. Autorem teorie podmíněného reflexu je ……
16. Modelovým druhem pro behavioristické experimenty je ……
17. Termín etologie poprvé použil ……
18. Vhodné modelové druhy pro etologická pozorování jsou ……
19. Ryby v době tahu a tření ……
20. Kopytníci (*na rozdíl od šelem*) pijí vodu .....
21. Lelek sedává na větvi ……
22. Změna směru pohybu při setkání se zhoršujícími se podmínkami se nazývá ……
23. Podkládání sádrových atrap vajec do slepičích hnízd má význam pro ……
24. Zívání a protahování končetin je projevem chování ……
25. Tiskne-li se kočka při hlazení proti dlani, je to projev ……
26. Pátrací chování je vyvinuto zejména u druhů ……
27. Mikrospánek rorýsů za letu trvá ……
28. Tělesný dotyk je běžný pouze mezi živočichy, kteří se ……
29. Pro sociální zařazení jedince do stáda mají zásadní význam podněty z raného mládí, označované jako ……
30. Senzitivní perioda kachen trvá ……

✓ *Test*

31. **Nobelovu cenu za biologii v roce 1973 obdrželi zakladatelé etologie:**
    a) Tinbergen, Thorndike a Pavlov
    b) Frisch, Heinroth a Koch
    c) Lorenz, Tinbergen a Frisch
    d) Lorenz, Skinner a Watson

32. **Klasická etologie představuje:**
    a) pozorování zvířat v bludišti
    b) pozorování zvířat v čase a prostoru
    c) experimentování se zvířaty v problémovém boxu
    d) vytváření podmíněných reflexů

33. **Pohybuje-li se včela-pátračka na plástu v osmičce hlavou dolů, pak se zdroj snůšky nachází od úlu:**
    a) ve směru ke slunci
    b) ve směru od slunce
    c) dopoledne ve směru na sever od úlu
    d) vždy směrem k slunečním paprskům

34. **Silueta atrapy ptáka pohybující se po obloze kratším koncem vpřed vyvolává:**
    a) útěkovou reakci drůbeže
    b) nadprahový podnět
    c) varovný hlas sojky
    d) není drůbeží vnímána

35. **Katalepsie je běžná:**
    a) při napájení kopytníků
    b) u mláďat čápa
    c) při napadení hejna špačků dravcem
    d) při pronásledování racků šelmou

36. **Rivalské chování má význam pro:**
    a) rovnoměrné rozšíření druhu v ekosystému
    b) souboje samců o samice
    c) rozproudění krevního oběhu
    d) krmení mláďat pěvců

37. **Pomoc nemocnému členu stáda označujeme jako chování:**
    a) partnerské
    b) flémovací
    c) sociální
    d) epimeletické

38. **Senzitivní období je:**
    a) období zvýšené vnímavosti mláďat
    b) období koordinace pohybu mláďat
    c) období učení se podmíněnému reflexu
    d) předpokladem zdomácnění

39. **Schopnost pěvce zapamatovat si druhově charakteristickou melodii označujeme jako:**
    a) imitace
    b) přivykání
    c) adaptace
    d) strukturní vnímání

40. **Tradice v etologii znamená:**
    a) přenos mateřských instinktů
    b) péči rodičů o nidikolní mláďata
    c) přenos naučeného chování z jedince na jedince
    d) negativní důsledky lidských aktivit v přírodě

41. **Matriarchát je:**
    a) stádo samic v době mimo říji
    b) kolonie netopýrů, v níž samice rodí mláďata
    c) societa s dominantním postavením samice
    d) páření dominantní samice s dominantním samcem

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
42. Hravé chování je přípravou mláďat k cílevědomé aktivitě v dospělosti.	○	❑
43. Schopnost zvířete reagovat v nové situaci bez předchozích zkušeností nazýváme vhled.	○	❑
44. Savci v norách kálejí pouze na jednom místě.	○	❑
45. I. P. Pavlov obdržel v roce 1904 za své etologické výzkumy Nobelovu cenu.	○	❑
46. Mimetické chování spočívá ve splynutí živočicha s okolím.	○	❑
47. Klikatý pohyb terénem umožňuje živočichovi dokonalejší využití příznivých podmínek.	○	❑
48. Navigace při návratu hmyzu k hnízdu je vrozená.	○	❑
49. Hříbata pijí vodu s přední nohou pokrčenou.	○	❑
50. Útěková vzdálenost racka před psem je 32 m.	○	❑
51. Vzájemná péče zvířat o srst je projevem sociální pohody.	○	❑
52. Agresivita vůči příslušníkům vlastního druhu je největší uprostřed okrsku.	○	❑
53. Soupeřící sokové souboje zpravidla pouze naznačují.	○	❑
54. Účinné látky způsobující tok informací mezi bezobratlými jsou urimáty.	○	❑
55. Olizování čenichu jiným členům psí smečky je projevem vlastní dominance.	○	❑
56. Obnažení slabin útočníka téhož druhu vždy zastaví.	○	❑
57. Přeskokové chování se uplatňuje při mezidruhových potyčkách.	○	❑
58. Podmíněný reflex bez opakování vyhasíná.	○	❑
59. Při spánku zvíře zaujímá druhově příznačnou polohu.	○	❑
60. Spánek je spojen s pohybovým klidem a útlumem smyslového vnímání.	○	❑

Praktická cvičení

26. Etologická pozorování

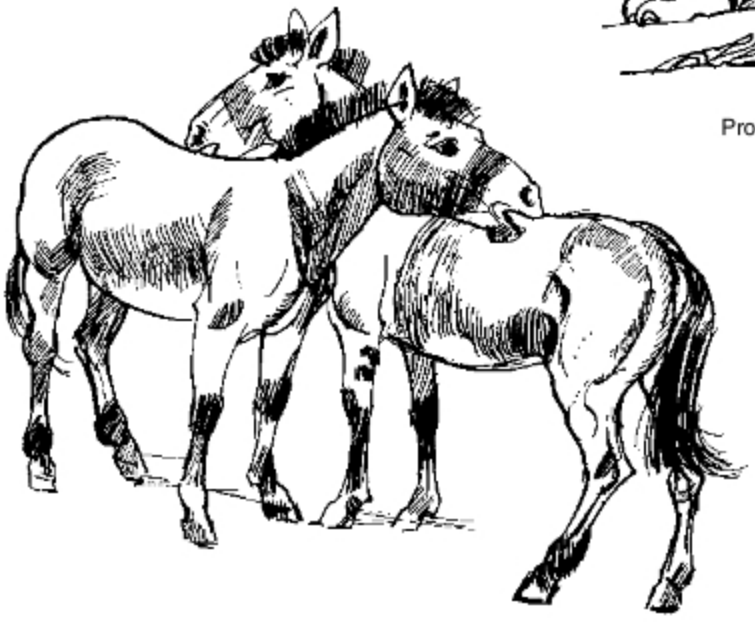
Etologie zkoumá životní projevy zvířat v přirozených podmínkách, tedy v terénu nebo v prostorných chovatelských zařízeních. Ani vzhledem k časové náročnosti nelze etologická pozorování vtěsnat do praktika limitovaného školním provozem. Etologická porovnání tedy provádíme např. při exkurzích do zoologických zahrad, příp. v rámci samostatných aktivit studentů s vyhraněným vztahem k oboru, kteří jsou motivováni zájmem na vlastním odborném růstu. Předmětem poměrně snadno proveditelných pozorování může být např. sledování odlišného způsobu pití *(nebo pastvy)* hříbat a dospělých koní, pití slepic a holubů, kálení zvířat žijících v boxech či ve výběžích na určité místo, sledování výrazových prostředků husy v nejrůznějších situacích, zjišťování útěkové vzdálenosti racků, pozorování komfortního chování kočky nebo sociálních vazeb ve stádu koní, pozorování chování včel na česně úlu, sociální hierarchie ve stádě opic ve výběhu, dominance a submisivity ve smečce psovitých šelem, pachové značení teritoria, ritualizované chování koček k člověku, duševní stavy vyjádřené mimikou opic ve výběhu, imprinting atp.

Vděčnými náměty pro heuristickou samostatnou práci studentů mohou být opakování světoznámých pozorování klasiků etologie K. v. Frische se včelami, N. Tinbergena se samotářskými vosami, případně K. Lorenze s husami.

✓ *Náměty k etologickým pozorováním*

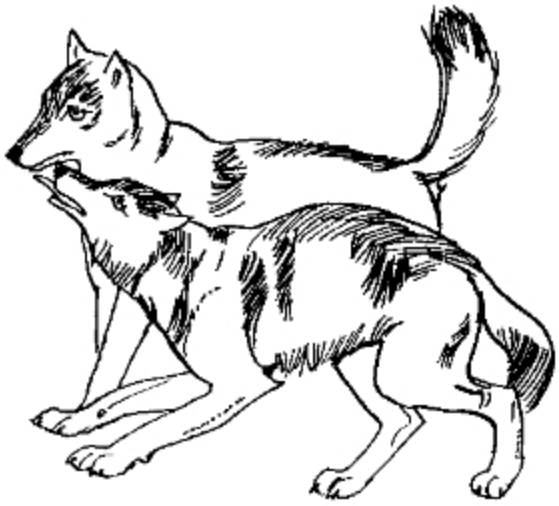
Nadoptimální podnět – nandu pampový sedí na vlastních vejcích. Snaží se dostat pod sebe i naaranžovanou, mimořádně velkou atrapu vejce

Protahování šelem umožňující lepší prokrvení těla je spojeno se slastnými pocity



Vzájemná péče o srst je projevem sociální pohody

Vtisk – odrostlá kachňata následují liliputku, která je vyseděla a již považují za svou matku



Dominance – submisivita

Obnažení nejzranitelnějšího místatěla je projevem naprosté podřazenosti

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

14. Ezopovy bajky
15. I. P. Pavlov
16. laboratorní potkan
17. O. Heinroth
18. husa, včela medonosná, kutilka
19. nepřijímají potravu
20. lízáním
21. podélně
22. fobotaxe
23. uvolnění spouštěcího mechanizmu
24. komfortního
25. přízně
26. synantropních
27. několik vteřin
28. dobře znají
29. určitým úhlem
30. jen několik hodin prvního dne života

Výsledky testu:

31c; 32b; 33b; 34a; 35b; 36a; 37d; 38a; 39d; 40c; 41c

Správná tvrzení:

42 ano; 43 ano; 44 ano; 45 ne; 46 ano; 47 ano; 48 ne; 49 ne; 50 ano; 51 ano; 52 ano; 53 ano; 54 ne; 55 ne; 56 ano; 57 ne; 58 ano; 59 ano; 60 ano

EKOLOGIE ŽIVOČICHŮ

(str. 226–241, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

ekologie
autekologie
demekologie
synekologie
ekologická
– nika
– valence
– tolerance
faktory
– abiotické
– biotické
– antropogenní
– letální
stenovalence
euryvalence
zákon
– Liebigův
zóna letální
kulturofobie
kulturofilie
fotoperioda
biofág
fytofág
predátor
hyperparazit
specializace
– potravní
biotop
stanoviště
areál výskytu
populace
fytocenóza
zoocenóza
společenstvo
– přirozené
– umělé
ekosystém
– suchozemský
– vodní
geobiocenóza
biosféra
ekoton
zonál
sukcese
– ekologická
klimax
pyramida
– potravní
dekompozitor
řetězec
– potravní
predace
abundance
biomasa
natalita
mortalita
struktura populace
sex ratio
aktivita
– prostorová
migrace
kapacita prostředí
biocyklus
voda
– brakická
biom
step
savana
poušť
prales
lokalita
refugium
populace
– autochtonní
relikt
– glaciální
ekotyp
vagilita
mikroareál
introdukce
reintrodukce
endemit
areál
disjunkce
oblast
– zoogeografická
malatonin
chronobiologie
aklimatizace
druh
– polyfázový
– monofázový
– bifázový

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Vysvětlete pojem ekologie. Které ekologické obory znáte? Jaké je postavení ekologie mezi přírodními vědami?
2. Jaký je obsah pojmu ekologická nika? Proveďte analýzu Gaussovy křivky vlivu a intenzity ekologických faktorů.
3. Definujte ekosystém a jeho vztah k biocenózám.
4. Komentujte ekologickou potravní pyramidu a z ní vyplývající vztahy mezi organizmy.
5. Pojednejte o principech populační ekologie.
6. Vysvětlete průběh populační gradační křivky.
7. Volterrova pravidla vztahu populace predátora a kořisti.

8. Ekologický význam sexuální a věkové struktury populace.
9. Vyjmenujte biocykly a povězte, co o nich víte.
10. Pohovořte podrobněji o areálech výskytu živočišných druhů.
11. Na mapě světa ukažte, které zoogeografické oblasti znáte.
12. Čím je ekologicky pozoruhodné rozmnožování živočichů?
13. Jaké formy pohybu obratlovců znáte?
14. Charakterizujte biomy a jim odpovídající faunu.
15. Pohovořte o základech chronobiologie.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

16. Autekologie zkoumá ekologické vztahy na úrovni ……
17. Úspěšnost organizmu v prostředí je vždy limitována faktorem, jehož hodnota je ……
18. Vrcholové stadium ekologické sukcese se nazývá ……
19. Tok energie v ekosystému prakticky vyjadřuje ……
20. Tělesná velikost dekompozitorů je ……
21. Gemule sladkovodních hub představuje z hlediska populační ekologie jejich ……
22. Kolísání hustoty populace během více let nazýváme ……
23. Vyvážená populace se stejným podílem mláďat i reprodukce schopných jedinců má v grafickém vyjádření tvar ……
24. Sestup kamzíků do nižších poloh za potravou při vysokém stavu sněhu označujeme jako ……
25. K našim rybám nejméně náročným na kyslík patří ……
26. Které české pohoří splňuje kritéria pro vznik ekosystému „vysokohorské tundry“? ……
27. Primárním konzumentem severské tundry je ……
28. Gepard žije v biomu ……
29. Vyjmenujte příklady živočichů, jejichž zdánlivě prospěšné vysazení mělo katastrofické následky: ……
30. Vačnatec pronikající hluboko do nearktické oblasti je ……
31. U živočišných druhů s vnitřním oplozením stadium larvy ……
32. Zdrojem pohybu „létajících ryb“ je ……
33. Zvláštní způsob šplhání opic „pod větvemi“ se nazývá ……
34. Frekvence pohybu ptačích křídel je relativně vyšší u druhů ……
35. Vnější faktor podmiňující chování živočicha se nazývá ……

✓ *Test*

36. **Ekologická nika vyjadřuje:**
    a) umístění živočišného druhu v ekosystému
    b) funkční roli druhu ve společenství organizmů
    c) autoregulační mechanizmus přírody
    d) nezbytné množství potravy pro přežití zimy

37. **Je-li živočich predátor, pak:**
    a) přednostně konzumuje zelené rostliny
    b) může být jedině konzumentem
    c) hostitele obvykle neusmrcuje
    d) živí se velkým množstvím mikroorganizmů

38. **Liška je v středoevropských ekosystémech:**
    a) konzument 1. řádu
    b) mineralizuje organickou hmotu
    c) může být pouze konzumentem 2. a vyššího řádu
    d) je na počátku pastevně kořistnického řetězce

39. **Mořští obratlovci mají obsah solí:**
    a) isotonický s mořskou vodou
    b) v krvi hypertonický vůči mořské vodě
    c) hypotonický vůči mořské vodě
    d) odlišný v tropických a polárních mořích

40. **Typickými druhy opadavého listnatého lesa jsou:**
    a) srnčí zvěř, liška a křeček
    b) veverka, plch, černá zvěř a jezevec
    c) medvěd, sob a tarbík
    d) jeleni, vlci a sysli

41. **Polární liška je druh:**
    a) kosmopolitní
    b) cirkumtropický
    c) cirkumpolární
    d) reliktní

42. **Pojem disjunkce vyjadřuje:**
   a) přenášení vajíček parazitů na peří ptactva
   b) vysazování druhů v neobydlených oblastech
   c) unášení živočicha mořským proudem
   d) roztržení původně jednotného areálu rozšíření

43. **Stromoví savci:**
   a) jsou psychicky vyvinutější než příbuzné druhy žijící na zemi
   b) jsou psychicky vyvinutější než druhy monofázové
   c) nejsou psychicky vyvinutější
   d) psychicky vyvinutější jsou pouze jejich pohlavně aktivní jedinci

44. **Savci při plavání:**
   a) pohybují synchronizovaně předními a zadními nohama
   b) vlní ocasem a zadními nohama shora dolů
   c) vlní ocasem pravolevě a pomáhají si nohama
   d) pohybují se stejně jako ryby

45. **Čím je živočich větší, tím spotřebuje:**
   a) relativně méně potravy
   b) úměrně více potravy
   c) relativně více potravy
   d) asi pětinu své tělesné hmotnosti

46. **K pravým zimním spáčům patří:**
   a) sysel, křeček a jezevec
   b) ježek, svišť a plch
   c) rejsek, netopýr a veverka
   d) medvěd, sysel a krtek

47. **Období porodu mláďat savců:**
   a) spadá do období kvetení krytosemenných rostlin
   b) je v období optimálních teplot a hojnosti potravy
   c) spadá do období zrání semen a plodů
   d) je v době kolem velikonoc

48. **Stenovalentní druhy:**
   a) jsou rozšířeny po celém světě
   b) mohou být bioindikátory kvality životního prostředí
   c) dobře snášejí kolísání teplot
   d) živí se semeny rostlin

49. **Letální faktor v ekosystému:**
   a) je vytvářen výhradně činností člověka
   b) určuje potravní specializaci druhu
   c) má smrtící vliv na živočicha
   d) udává počet jedinců druhu na jednotku plochy

50. **Při aktivním letu obě křídla synchronně mávají:**
   a) vždy shora dolů
   b) mírně zdola nahoru, prudce shora dolů
   c) z polohy shora vpředu do polohy dolů vzadu
   d) špičky per opisují osmičky

51. **Melatonin je:**
   a) tmavé barvivo v srsti savců
   b) feromon potlačující pohlavnost včelích dělnic
   c) lepivý sekret na jazyku chameleona
   d) produkt mezimozku potlačující pohlavní aktivitu

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
52. Ekologická valence vyjadřuje schopnost existence druhu v určitém rozpětí podmínek.	○	❑
53. Medvěd je šelma, tedy masožravec.	○	❑
54. Predace je druhotné ekologické přizpůsobení.	○	❑
55. V potravním řetězci je počet konzumentů vyššího řádu vždy větší než počet konzumentů řádu nižšího.	○	❑
56. Hmyzí druhy s jedinou populací v roce mají růstovou křivku populace ve tvaru S.	○	❑
57. Brakické vody jsou stěžejním zdrojem mořského rybolovu.	○	❑
58. Mořští obratlovci přešli do moře druhotně z prostředí sladkovodního.	○	❑
59. V biomu tropického deštného pralesa je druhově nejbohatší stromové patro.	○	❑
60. Želvy a krokodýli kladou malý počet vajec.	○	❑
61. V neotropické oblasti je endemitem téměř každý třetí ptačí druh.	○	❑

	ano	ne
62. Mezi obratlovci mají schopnost klouzavého letu jen druhy žijící ve skalnatém terénu.	❍	❑
63. Všechny děje v přírodě neprobíhají neustále ve stejné intenzitě.	❍	❑
64. Předstupněm schopnosti aktivně létat byl bipední běh.	❍	❑
65. Druhy bifázové jsou aktivní zrána a navečer.	❍	❑
66. Ptáci hnízdící v norách v nich na rozdíl od savců netráví většinu svého života.	❍	❑
67. Způsob pohybu klokana se nazývá bipední skákání.	❍	❑
68. Vampír se živí krví.	❍	❑
69. Při utajené březosti *(jezevec, tuleň, srnka, slon)* se vývoj vajíčka na několik měsíců zastaví.	❍	❑
70. Mláďata kopytníků jsou již při porodu osrstěná a s funkčními smysly.	❍	❑
71. Shlukování jedinců má na jejich život negativní vliv *(uveď příklady).*	❍	❑
72. Ekologicky nevyvážené monokultury umožňují vývoj kalamitních škůdců.	❍	❑
73. Ekologická množivost je vždy nižší než množivost fyziologická.	❍	❑
74. Potravním zdrojem tundrových predátorů jsou mořští živočichové.	❍	❑
75. Nejnižší produkce biomasy v celé biosféře je v biomu pouště.	❍	❑
76. Ptáci zpravidla stavějí pro každé hnízdění nové hnízdo.	❍	❑
77. Aktivita životních funkcí plazů není závislá na teplotě.	❍	❑
78. Samice primátů nosí mláďata stále s sebou.	❍	❑
79. Ploutvonožci na souši odpočívají, rodí a kojí mláďata.	❍	❑
80. Aktivní regulaci obsahu solí v těle mořských obratlovců nazýváme osmoregulace.	❍	❑

Praktická cvičení

27. Ekologická pozorování

A. 1. EKOLOGICKÉ ADAPTACE PTAČÍHO ZOBÁKU V ZÁVISLOSTI NA ZPŮSOBU PŘIJÍMÁNÍ POTRAVY *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

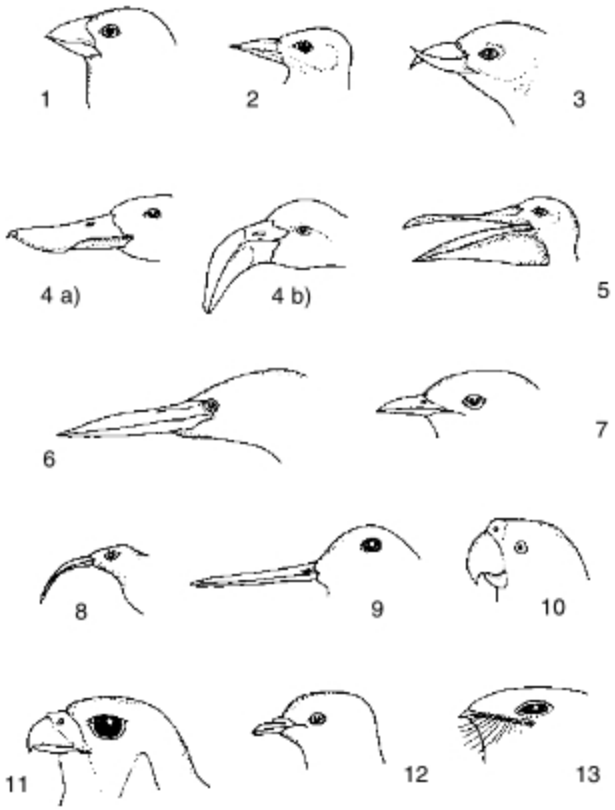
Dermatoplastické preparáty ptáků, ornitologický atlas, nástěnné obrazy ptáků, odborná ornitologická literatura.

✓ *Postup*

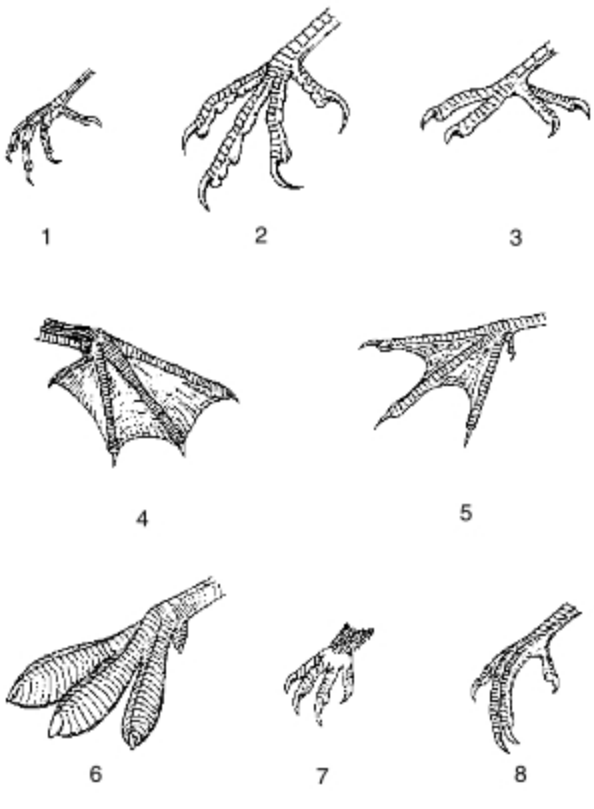
Pozorujeme utváření zobáku jednotlivých ptačích druhů. Schematicky je zakreslíme a popíšeme. Všímáme si tvaru zobáku, jeho délky, síly, struktur na obvodu ramfotéky atp.

✓ *Pozorování*

Vyhodnocením výše uvedených hledisek usoudíme na prostředí, v němž příslušný ptačí druh žije, a na pravděpodobný způsob získávání a zpracování potravy. Svůj úsudek ověříme v odborné ornitologické literatuře.



Ekologické adaptace ptačího zobáku v závislosti na způsobu získávání potravy
1 – zrnožravý pěvec *(dlask)*, 2 – dobývání hmyzu ze dřeva *(datlovitý pták)*, 3 – vytahování semen ze šišek jehličnanů *(křivka)*, 4 – filtrování potravy z bahna – a) lžičák, b) plameňák, 5 – lov ryb v mělké vodě *(pelikán)*, 6 – harpunování vodních živočichů *(volavka)*, 7 – sbírání hmyzu *(kukačka)*, 8 – sání květních šťáv *(kolibřík)*, 9 – sběr hmyzu z vlhké půdy *(sluka)*, 10 – louskání plodů a semen *(papoušek)*, 11 – trhání masité kořisti *(dravci)*, 12 – sbírání semen a plodů *(holub)*, 13 – chytání létajícího hmyzu *(lelek)*



Ekologické adaptace ptačích nohou v závislosti na způsobu života a získávání potravy
1 – kráčivá *(pěnkava)*, 2 – spár *(dravec)*, 3 – šplhavá *(strakapoud)*, 4 – veslovací *(kormorán)*, 5 – plovací *(racek)*, 6 – lemovaná *(potápka)*, 7 – závěsná *(rorýs)*, 8 – syndaktylní (část. srůst 2., 3. a 4. prstu), *(ledňáček)*

A. 2. EKOLOGICKÉ ADAPTACE PTAČÍ KONČETINY V ZÁVISLOSTI NA ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ A ZPŮSOBU ZÍSKÁVÁNÍ POTRAVY *(40 minut)*

Modifikace pozorování A. 1. Kromě nápadných znaků ptačí nohy je možno se zaměřit na studium detailů stavby a tvaru ptačího křídla *(např. sokolovití – krahujcovití, rackové – holubi, kachny – potápky, rorýsi – vlaštovky, strakapoud – sova, skorec – kos atp.)*.

B. 1. UTVÁŘENÍ STAVBY ÚSTNÍHO ÚSTROJÍ HMYZU V ZÁVISLOSTI NA VYUŽITÍ ZDROJŮ POTRAVY *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Usmrcený hmyz konzervovaný v alkoholu: chroust, saranče, vosa, dělnice včely medonosné, moucha, komár, ploštice, bělásek, 70% alkohol, lupa, preparační mikroskop, pomůcky pro mikroskopování, preparační jehla, skalpel, špendlík, Petriho miska, pinzeta.

✓ *Postup*

U každého druhu hmyzu si prohlédneme stavbu ústního ústrojí a jeho umístění na hlavě schematicky zakreslíme. Ústní ústrojí jednotlivě odpreparujeme a rozprostřeme do alkoholu v Petriho misce. Jednotlivé části detailně pozorujeme preparačním mikroskopem a zakreslíme. U druhů s odvozeným typem ústního ústrojí se pokusíme homologizovat jeho jednotlivé části se základním typem *(ústní ústrojí kousací)*.

✓ *Pozorování*

Základním typem ústního ústrojí hmyzu je ústní ústrojí kousací *(chroust, šváb, vosa, saranče).* Ostatní typy ústních ústrojí jsou odvozeny jako ekologická adaptace na rozmanité zdroje potravy *(motýl – savé, ploštice, komár a moucha – modifikace bodavě savého ústrojí, včela – lízavě savé).*

B. 2. STAVBA A TYP NOHY HMYZU V ZÁVISLOSTI NA ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ HMYZU *(40 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

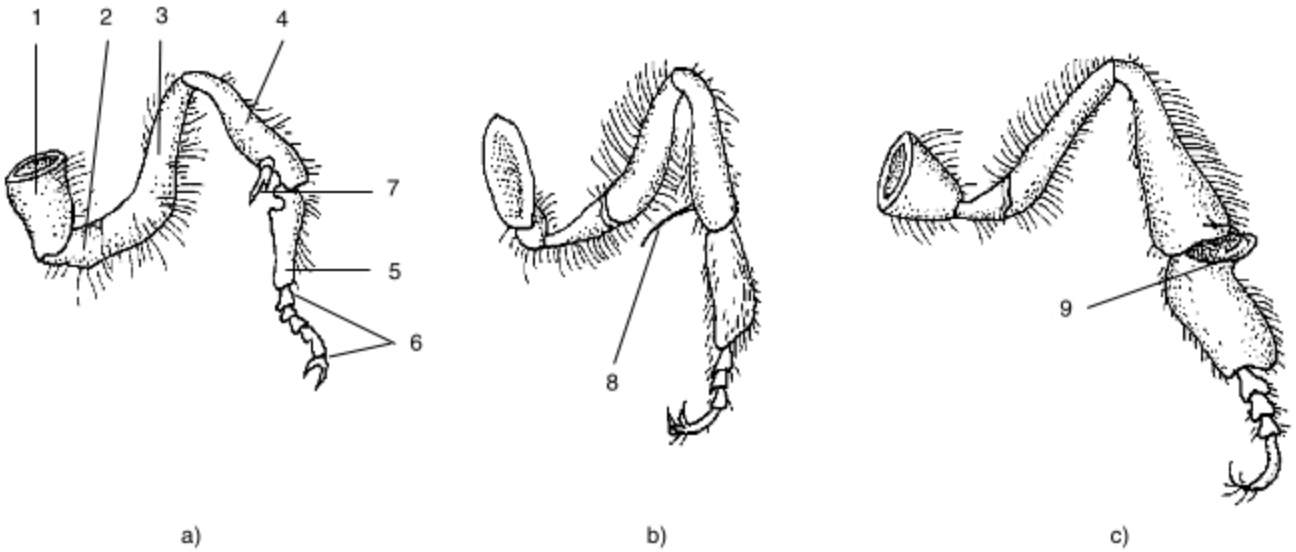
Usmrcený hmyz konzervovaný v alkoholu: šváb, saranče, znakoplavka, dělnice včely medonosné, mikroskopický preparát vši dětské, Petriho miska, pinzeta, skalpel, špendlíky, preparační mikroskop, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

Prohlédneme si polohu a postavení nohou vzhledem k tělu pozorovaného hmyzího druhu a schematicky zakreslíme. Pak preparačním mikroskopem prohlížíme podrobnosti jejich složení a stavby *(všímáme si tvaru a vzájemných proporcí mezi částmi nohy, utváření chodidla, počtu drápků na chodidle atp.)*, zakreslíme a popíšeme.

✓ *Pozorování*

Šváb má všechny tři páry nohou kráčivé. Třetí pár nohou umožňuje sarančeti skákání. Znakoplavka má 1. pár nohou uchopovací *(typ dravce)* a 3. pár nohou veslovací *(je to vodní ploštice).* Veš má všechny tři páry nohu uzpůsobeny k přidržování se vlasů. Všechny páry nohou včelí dělnice jsou kromě kráčivé funkce adaptovány i na další činnosti nezbytné pro život včel – 1. pár má kartáčky k čištění tykadel, 2. pár má výběžek na vypichování pylu z košíčku stejnostranné nohy 3. páru, třetí pár je svými „košíčky“ uzpůsoben k transportu pylu.



Nohy včelí dělnice
A – noha prvního páru, B – noha druhého páru, C – noha třetího páru, – vše z vnější strany
1 – kyčel, 2 – příkyčlí, 3 – stehno, 4 – holeň, 5 – pata, 6 – články chodidla, 7 – čisticí aparát na tykadla, 8 – trn na vypichování pylových rousek, 9 – košíček

C. 1. EKOLOGICKÁ ADAPTACE KUKEL BĚLÁSKA ZELNÉHO NA BAREVNOST PODKLADU *(dlouhodobé pozorování)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Papíry v pastelových barvách, nůžky, 5 Petriho misek o průměru 10 cm, zelný list, housenky běláska zelného, zápalky.

✓ *Postup*

Dno i víčko Petriho misek vyložíme papírem vždy jedné z barev. Do každé přidáme se zelným listem několik již dobře vyvinutých housenek těsně před zakuklením. Misky přiklopíme víčky podloženými zápalkou. O housenky pečujeme do doby, až se zakuklí.

✓ *Pozorování*

Srovnáním kukel zjistíme, že kukly z různých misek se vzájemně liší svou barvou. Tato schopnost přizpůsobit se barevností svému okolí je ekologickou adaptací, zvyšující šanci jedince na přežití.

D. 1. VÝZNAM SÝKOR PRO OCHRANU OVOCNÝCH SADŮ PROTI OBALEČI JABLEČNÉMU *(dlouhodobé pozorování)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Vlnitá lepenka, provázek, nůžky, starý a nejlépe zanedbaný a chemicky neošetřovaný ovocný sad.

✓ *Postup*

V červenci upevníme kolem kmene sledovaných jabloní, příp. hrušní asi 30 cm široké pásy vlnité lepenky rýhami dovnitř tak, aby rýhy byly souběžné s kmenem. Upevníme je na těsno provázkem uprostřed pásu. Během srpna a září jsou rýhy lepenky plné housenek, připravujících se na přezimování. Během podzimu a zimy pozorujeme počínání sýkor. Na jaře vyhodnotíme účinnost tohoto zásahu.

✓ *Pozorování*

Při náhodném objevu housenky obaleče sýkory velmi aktivně pečlivě prohledávají okolí nálezu. Zvlhlá lepenka je poměrně prostupným materiálem, umožňujícím sýkorám snadné proniknutí k zimujícím kuklám. Poněvadž jich je pod lepenkou velké množství, sýkory se na pásy lepenky soustředí a všechny zimující jedince zkonzumují. Z lepenky zjara zbývají pouze cáry pod provázkem.

D. 2. HYPERPARAZITIZMUS MŠICOMARŮ *(3 × 30 minut v intervalu dvou dnů)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Kolonie mšic s větévkou napadené rostliny, sklenice s vodou, širokohrdlá velká sklenice od okurek, gáza, gumičky, lupa, mikroskop a potřeby k mikroskopování, odborná literatura.

✓ *Postup*

Větévku napadené rostliny přeneseme do laboratoře a i se sklenicí vody umístíme do velké okurkové sklenice, jejíž otvor uzavřeme gázou a gumičkami. Po několika dnech zjistíme přítomnost mšicomarů, kteří se vylíhli z napadených mšic. Prohlédneme si je mikroskopem, pokusíme se je určit a zakreslit.

✓ *Pozorování*

Mšice napadené mšicomarem jsou nafouklé, nepohyblivé a odlišně zbarvené od ostatních. V kolonii mšic se pokusíme spočítat napadené jedince a procentuálně vyjádřit stupeň napadení kolonie.

D. 3. OVĚŘENÍ ÚČINKU PESTICIDU *(několikrát 10 minut)*

✓ *Materiál a pomůcky*

Insekticid Actelic, Pirimor, příp. jiný dostupný přípravek, 2 skleněné destičky k uzavření sklenice, 2 sklenice od okurek, housenky běláska se zelným listem, šváb, ruměnice pospolná, housenky předivky ovocné, filtrační papír na dno sklenice.

✓ *Postup*

Hmyz i s napadenými rostlinami umístíme ve sklenici od okurek. Předtím dáme na dno filtrační papír. Insekticid použijeme podle návodu výrobce. Současně založíme srovnávací pokus, v němž insekticid neaplikujeme.

✓ *Pozorování*

Sledujeme počet uhynulých jedinců po 3, 6, 12, 24 a 48 hodinách. Současně sledujeme přirozenou úmrtnost hmyzu ve srovnávacím pokusu, v němž jsme přípravek nepoužili. Hodnocení biologické účinnosti insekticidu vypočítáme v procentech podle vzorce:

$$BÚ = \frac{K - P}{K} \cdot 100 = \ldots\ldots \%$$

BÚ = biologická účinnost insekticidu v %
K = počet jedinců živého hmyzu ve srovnávacím vzorku
P = počet jedinců živého hmyzu v pokusu

E. POPULAČNÍ DYNAMIKA POLNÍCH ENTOMOCENÓZ *(dlouhodobé pozorování)*

✓ *Materiál a pomůcky*

5 zavařovacích litrových sklenic „masovek“ *(s kolmými stěnami)*, čtvereček plechu 30 × 30 cm, uprostřed se dvěma 3mm otvory ve vzdálenosti 3 cm a se zahnutými rohy *(asi 4 cm)*, asi 20 cm 2mm drátu, 2 gumičky, skleněná kořenka, gáza, lopatka, 4% formalin, několik ml vody, zavánějící syrové maso.

✓ *Postup*

Na poli umístíme se souhlasem majitele 5 zavařovacích jednolitrových sklenic „masovek“, které zapustíme do země tak, aby jejich okraj přesně navazoval na terén *(nesmí vzniknout překážka, ani spára)*. Do kořenky dáme syrové maso s několika ml vody *(aby nevyschlo, ale zahnívalo)*, zavážeme gázou tak, aby dovnitř nemohly mouchy, ale aby pach mohl volně unikat. Kořenku upevníme gumičkami na drát provlečený otvory plechové stříšky, jíž sklenici opatrně překryjeme. Kořenka musí viset ve sklenici volně. Mezi terénem a plochou stříšky musí být světlost nejméně 25 mm. Při krátkodobém orientačním pokusu, kdy vybíráme úlovek denně, necháme sklenici prázdnou. Vybíráme-li ji jednou za 14 dní, vlijeme na dno sklenice asi 3cm vrstvu 4% roztoku formalinu *(ulovený hmyz v krátké době uhyne a současně je konzervován)*. Pro takto dlouhodobé pozorování populační dynamiky hmyzu se pro snadnou manipulaci s pastmi osvědčil svými agrotechnickými parametry porost řepy.

✓ *Pozorování*

Do pastí se díky zapuštění do terénu chytá hmyz běhající po povrchu *(zpravidla střevlíci)*. Návnada účinně vábí mrchožroutové brouky, kteří k pasti nalétávají proti větru i ze značné vzdálenosti. Vzhledem k jejich relativní velikosti, nápadným a snadno rozlišitelným určovacím znakům a malé četnosti druhů *(chytá se obvykle 9–14 druhů)* jsou vděčným studijním objektem. V jednorázovém krátkodobém pokusu můžeme orientačně zjistit, které druhy hrobaříků na příslušné lokalitě žijí. Při pokusu založeném dlouhodobě od konce dubna do konce září pak při dodržení pravidelných intervalů sběru *(návnada i fixační formalin se musí vždy obnovit a láhev nově zapustit do země)* pak po určení a vyhodnocení úlovků získáme představu o populační dynamice sledovaných druhů a v grafickém vyjádření názorný model gradační křivky.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

16. jedince
17. nejméně příznivá
18. klimax
19. potravní řetězec
20. mikroskopická
21. zimní populaci
22. fluktuace
23. zvonu
24. vertikální migrace
25. karas a lín
26. vrcholové partie Krkonoš
27. lumík
28. savany
29. kozy, králíci
30. vačice opossum
31. vždy chybí
32. ocasní ploutev
33. brachiace
34. malých
35. časovač

Výsledky testu:

36b; 37b; 38c; 39c; 40b; 41c; 42d; 43a; 44b; 45a; 46b; 47b; 48b; 49c; 50c; 51d

Správná tvrzení:

52 ano; 53 ne; 54 ano; 55 ne; 56 ne; 57 ano; 58 ano; 59 ano; 60 ano; 61 ano; 62 ne; 63 ano; 64 ano; 65 ano; 66 ano; 67 ano; 68 ne; 69 ano; 70 ano; 71 ne; 72 ano; 73 ano; 74 ano; 75 ano; 76 ano; 77 ne; 78 ano; 79 ano; 80 ano

PŮVOD A VÝVOJ ČLOVĚKA, ORGÁNOVÉ SOUSTAVY

(str. 244–257, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

datování v paleontologii	pojivo	epifýza
fosilie	vazivo	diafýza
hominizační znaky	chrupavka	kloub
australopitekové	kost	lordóza
člověk zručný	ossein	kyfóza
člověk vzpřímený	svalstvo hladké	skolióza
člověk neandertálský	svalstvo příčně pruhované	vlákno svalové
sapientace	svalstvo srdeční	sarkomera
člověk předvěký	neuron	mediátor
plemeno *(rasa)*	okostice	ploténka nervosvalová
rasismus	osteocyty	aktin a myosin
epitel	kostní dřeň	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Jakými metodami se určuje stáří paleontologických nálezů?
2. Vysvětlete princip radiokarbonové metody datování.
3. Na jakém principu jsou založeny nepřímé metody datování?
4. Kteří zástupci jsou řazeni do čeledi Hominidae?
5. Které druhy patří do rodu člověk?
6. Kdy pravděpodobně započal fylogenetický vývoj člověka?
7. Kteří ze zástupců jsou považováni za dosud nejstarší hominidy?
8. Kteří z hominidů jsou prokazatelně součástí evoluční linie člověka?
9. Uveďte základní jevy, které provázely proces polidštění *(hominizaci)*.
10. Charakterizujte zástupce rodu Australopithecus.
11. Čím se živili australopitékové?
12. Charakterizujte zástupce Homo habilis.
13. Která z forem Homo erectus je považována za nejvyspělejší?
14. Jak pravděpodobně proběhl vývoj neandertálců?
15. Kterými znaky se odlišovali neandertálci od zástupců člověka předvěkého?
16. Co bylo pravděpodobně příčinou vzniku lidských plemen *(ras)*?
17. Co jsou epitely a podle jakých kritérií se rozdělují?
18. Čím se odlišují pojiva od epitelů?
19. Charakterizujte vazivo.
20. Které typy chrupavek rozlišujeme?
21. Co je kost? Které jsou základní složky kostní hmoty?
22. V čem se odlišuje svalstvo hladké od příčně pruhovaného?
23. Kterými buňkami je tvořena nervová tkáň?
24. Z jakého základu vznikají kosti?
25. Jak se uskutečňuje růst dlouhých kostí?
26. Jakou funkci mají menisky?
27. Které části má kosterní sval?
28. Co je sarkomera?
29. Popište princip inervace svalů a svalové kontrakce.
30. Podle jakých kritérií se tvoří názvy svalů?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

31. Přímé metody datování paleontologických nálezů jsou založeny na …… Charakteristickou veličinou radioaktivních přeměn chemických prvků je poločas rozpadu, což je …… Rychlost radioaktivního rozpadu je …… a nezávisí na ……
32. Nepřímé metody datování v paleontologii jsou založeny na ……
33. Platí vztah, že různé geologické vrstvy sedimentů obsahující zbytky stejných rostlin a živočichů jsou ……
34. Fosilní zbytky hmyzožravých savců byly nalezeny v …… a pocházejí z doby před ……
35. Skupina vyšších úzkonosých primátů zahrnuje nadčeleď Cercopithecoidea, vedoucí k ……, a nadčeleď Hominoidea, do níž patří čeledi ……
36. Aegyptopithecus pravděpodobně představuje evoluční fázi hominidů, jíž prošli předkové …… i předkové ……
37. Australopitékové patří do vývojové linie ……
38. U zástupců evoluční linie člověka můžeme pozorovat jevy provázející proces polidštění neboli ……
39. Australopitekové jsou označováni jako osteodontokeratická kultura, neboť k lovu a jiným činnostem používali …… a svým způsobem je opracovávali.
40. Nálezy kosterních zbytků člověka zručného se datují do doby před …… let. Obsah jeho mozkovny byl ……
41. Paleontologické nálezy člověka vzpřímeného pocházejí z různých míst …… Z různých jeho forem se jako nejvyspělejší jeví člověk ……, označovaný tak podle místa nálezů.
42. Typologicky lze rozlišit mezi neandertálci dvě formy: …… a …… neandertálce. Starším předchůdcem obou forem byl pravděpodobně ……, označovaný jako Homo ……
43. Současní lidé jsou pravděpodobně potomky vývojové linie navazující na ……
44. Člověk předvěký se objevuje na Zemi před asi …… lety. Byl lovcem …… Zachovaly se po něm ……
45. Příčinou vzniku lidských plemen byly pravděpodobně rozsáhlé …… v době ledové. Tehdejší velmi řídké osídlení a velké vzdálenosti vedly k …… a následkem toho k postupnému …… odlišování.
46. Soubory buněk hustě k sobě přiřazených, pokrývajících povrch nebo vystýlajících dutiny těla jsou ……
47. Pojiva jsou tkáně, které se kromě buněk skládají ještě ze ……, jíž může být takové množství, že určuje …… tkáně.
48. Histiocyty jsou …… buňky, vykonávající …… pohyb a mající schopnost …… cizí částečky.
49. Chrupavka je téměř bez ……, a proto se řezné rány chrupavkou ……
50. Hladké svalstvo je řízeno ……, a proto pracuje nezávisle na ……
51. Ústrojnou pružnou látkou kostí je …… Během života v kostní tkáni přibývá …… a kosti se stávají tvrdými, ale křehkými.
52. Svalstvo srdeční je typem svalstva ……, řízeného však ……, a tedy pracujícího nezávisle na naší vůli.
53. Povrch kostí kryje na kloubních plochách ……, na ostatních plochách ……
54. Dutiny a trámčinu kostí vyplňuje ……, která je …… tkání, neboť v ní vznikají ……
55. Základní jednotkou masité části kosterního svalu jsou ……, která jsou mnohojaderná a ve své cytoplazmě *(sarkoplazmě)* obsahují podélně uložené ……, tvořené bílkovinami …… a ……, umožňujícími jejich smršťování.
56. Příčinou únavy svalů je vyčerpání …… a nahromadění ……

✓ *Test*

57. **Z uvedených živočichů je člověku fylogeneticky nejvíce příbuzný:**
    a) gorila
    b) šimpanz
    c) gibbon
    d) orangutan

58. **Společným vývojovým předkem současných lidoopů a opic byli pravděpodobně:**
    a) egyptopitekové
    b) ramapitekové
    c) australopitekové
    d) parantropové

59. **Seřaďte časově a vývojově na sebe navazující hominidy:**
a) protoneandertálec – klasický neandertálec – člověk předvěký
b) anteneandertálec – protoneandertálec – člověk předvěký
c) protoneandertálec – anteneandertálec – člověk předvěký
d) anteneandertálec – klasický neandertálec – člověk předvěký

60. **Vyberte chybné tvrzení. Rozlišujeme druhy pojiv:**
a) vazivo
b) epitel
c) tkáň chrupavkovou
d) tkáň kostní

61. **Vyberte nesprávné tvrzení. Podle funkce rozlišujeme epitely:**
a) žlázové
b) krycí
c) kostní
d) resorpční

62. **Ústrojnou pružnou látkou kostní hmoty je:**
a) kolagen
b) fibroin
c) heparin
d) ossein

63. **Součástí základní hmoty vaziva nejsou:**
a) histiocyty
b) buňky žírné
c) buňky gliové
d) fibrily

64. **Součástí hmoty svalových buněk jsou:**
a) myosin a aktin
b) fibrily vazivové
c) fibrily kolagenní
d) fibrily elastické

65. **Člověk má žeber:**
a) 8 párů
b) 10 párů
c) 12 párů
d) 14 párů

66. **Buňky hladké svaloviny nenacházíme:**
a) ve stěně dělohy
b) v srdečním svalu
c) ve stěně průdušek
d) ve stěně tlustého střeva

67. **Interakci mezi aktinem a myosinem aktivují ionty:**
a) Na^+
b) Ca^{2+}
c) K^+
d) Cl^-

68. **Pevné spojení kostí se uskutečňuje:**
1 – šlachou
2 – vazivem
3 – chrupavkou
4 – epitelem
Správné tvrzení: a) pouze 3
b) 1, 2, 3
c) 2, 3, 4
d) 2, 3

69. **Složeným kloubem je kloub:**
1 – kolenní
2 – ramenní
3 – loketní
4 – kyčelní
Správná tvrzení: a) 1, 2, 3
b) 2, 3
c) 1, 3
d) 1, 2, 3, 4

70. **Počet zánártních kostí je:**
a) 3
b) 5
c) 6
d) 7

71. **Přiřaďte k sobě:**

1 – natahovač	A – adduktor
2 – přitahovač	B – sfinkter
3 – rozvěrač	C – extensor
4 – svěrač	D – dilatátor

Správná přiřazení: a) 1D 2C 3B 4A
b) 1C 2B 3A 4D
c) 1A 2D 3C 4B
d) 1C 2A 3D 4B

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
72. Rozdělení vyšších primátů na ploskonosé a úzkonosé se datuje do doby asi před 50 miliony let.	○	❑
73. Australopitekové byli obyvateli tropických deštných lesů.	○	❑
74. Nálezy zbytků člověka zručného jsou doprovázeny nálezy zbytků ohnišť.	○	❑
75. Nejrozvinutější formou člověka zručného byl člověk pekingský.	○	❑
76. Předchůdci klasických neandertálců byli pravděpodobně protoneandertálci.	○	❑
77. Mezibuněčná hmota vzniká činností pojivových buněk.	○	❑
78. Mezi epitelové buňky patří histiocyty.	○	❑
79. Buňky gliové vyživují neurony a odvádějí odpadní látky metabolismu v nervové tkáni.	○	❑
80. Každý neuron je opatřen dvěma pochvami.	○	❑
81. Svalové vlákno je inervováno obvykle více nervovými vlákny.	○	❑
82. Sarkomera je tvořena aktinem a myosinem.	○	❑
83. Mediátorem *(neurotransmiterem)* v nervosvalové ploténce kosterních svalů je acetylcholin.	○	❑
84. Menisky vyrovnávají nerovnosti zakřivení styčných ploch v kloubu.	○	❑
85. Hladké svaly jsou ve srovnání s kosterními méně unavitelné a pracují dlouhodobě.	○	❑

Praktická cvičení

28. Epitely a pojiva

A. EPITELOVÉ POKRÝVKY A VÝSTELKY

✓ *Teorie*

Epitely jsou soubory buněk hustě k sobě přiřazených, pokrývajících povrchy nebo vystýlající dutiny. Podle funkce se rozdělují na epitely krycí, výstelkové, resorpční a smyslové.

✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty:
1. Jednovrstevný plochý a kubický epitel
2. Jednovrstevný cylindrický epitel
3. Žlázový epitel

Potřeby k mikroskopování.

Poznámka: Při pozorování histologických preparátů je třeba mít na paměti, že se jedná o velmi tenké řezy, vedené trojrozměrnými tělesy. Proto na střední škole používáme k pozorování většinou hotové, odborníky kvalitně zhotovené preparáty.

B. POJIVA

✓ *Teorie*

Pojiva jsou tkáně, které se kromě buněk skládají ještě z mezibuněčné hmoty, jež často určuje základní vlastnosti tkáně. Mezibuněčná hmota vzniká činností pojivových buněk.

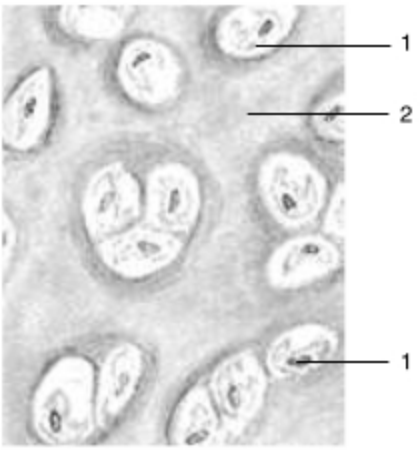
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Hyalinní chrupavka
2. Elastická chrupavka
3. Vazivová chrupavka
4. Tukové vazivo

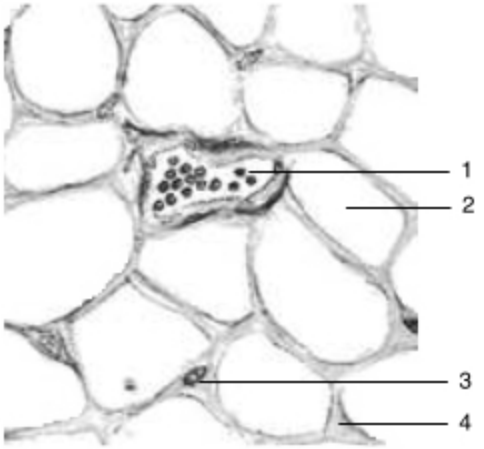
Potřeby k mikroskopování.

✓ *Pozorování*

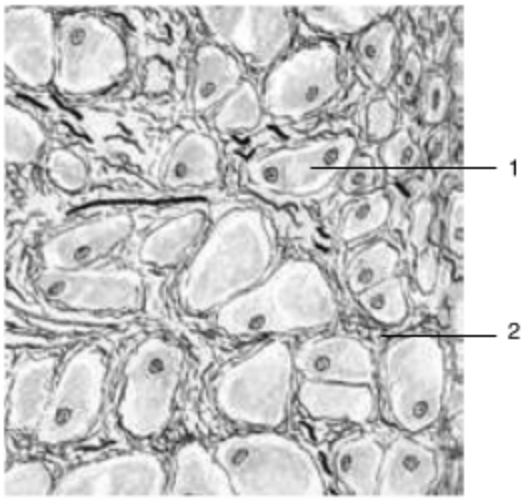
1. **Hyalinní chrupavka**
   Má oválné až kulovité chrupavkové buňky *(chondrocyty)*, uložené v mezibuněčné hmotě, jejíž vláknitá hmota je maskována.
2. **Elastická chrupavka**
   Od hyalinní se odlišuje sítí elastických vláken.
3. **Vazivová chrupavka**
   Její buňky jsou tuhými svazky kolagenních vláken zatlačeny do pozadí. Amorfní hmota vytváří malé dvorce pouze v bezprostředním okolí chondrocytů.
4. **Tukové vazivo**
   Je tvořeno tukovými buňkami uloženými v řídké síti retikulárních vláken. Tukové buňky jsou většinou vyplněny velkou tukovou kapénkou *(tukovou vakuolou)* a vlastní cytoplazma s malým prohnutým jádrem vytváří úzký prstenec na okraji této tukové vakuoly.



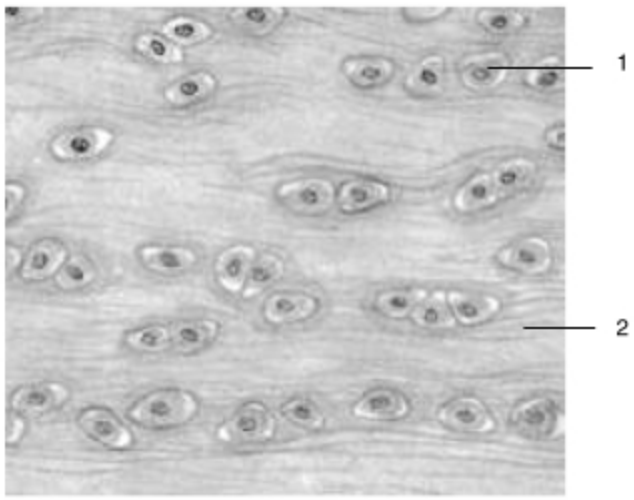
Hyalinní chrupavka *(450x)*
1 – chrupavkové buňky *(chondrocyty)*, 2 – mezibuněčná hmota



Tukové vazivo *(450x)*
1 – žíla, 2 – tuková buňka s vakuolou,
3 – jádro, 4 – retikulární vlákna



Elastická chrupavka *(450x)*
1 – chondrocyty, 2 – mezibuněčná hmota s elastickými vlákny



Vazivová chrupavka *(450x)*
1 – chondrocyty, 2 – mezibuněčná hmota s kolagenními fibrilami

29. Svaly

A. MIKROSKOPICKÁ STAVBA

✓ *Teorie*

Typy svalové tkáně se od sebe odlišují morfologicky.

✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Hladkého svalstva
2. Příčně pruhovaného svalu
3. Příčně pruhovaného srdečního svalu

Potřeby k mikroskopování.

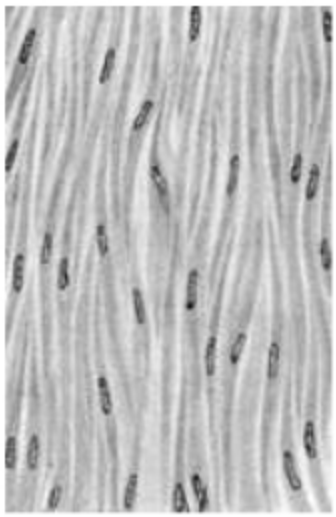
✓ *Pozorování*

a) Rozdíly ve velikosti.
Šířka buňky hladkého svalu je asi 5–6 μm, šířka příčně pruhovaného svalového vlákna je 20–100 μm.

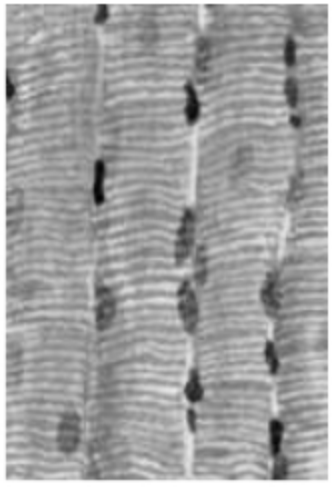
b) U hladkého svalu nejsou vždy patrné hranice mezi jednotlivými buňkami, naproti tomu vlákna příčně pruhovaná bývají dobře odlišitelná na podélných i příčných řezech.

c) Buňky hladkého svalstva jsou jednojaderné, vlákna příčně pruhovaného svalu jsou mnohojaderná, jádra se nacházejí především blízko sarkolemy.

d) Základní stavební jednotkou srdečního svalu je buňka kardiomyocyt. Má válcovitý tvar, je obvykle jednojaderná. Jádro je oválného tvaru a je uloženo zpravidla centrálně. Kardiomyocyty jsou k sobě přiřazeny tak, že vytvářejí trámce. Mezi sousedními trámci jsou vytvořeny spojky, tvořené kardiomyocyty. Srdeční svalovina má do určité míry síťový charakter. Dobře pozorovatelné – interkalární disky – pozorovatelné jako linie přepažující svalové trámce.



Hladké svalstvo *(600x)*



Příčně pruhované svalstvo *(450x)*

Srdeční svalstvo *(450x)*
1 – interkalární disk

B. ZJIŠŤOVÁNÍ UNAVITELNOSTI SVALU

✓ *Teorie*

Po určité době svalové práce se dostavuje svalová únava.

✓ *Pomůcky*

Sílič prstů, hodinky s sekundovou ručičkou nebo stopky, kolíčky na prádlo.

✓ *Postup 1*

Vytvořte dvoučlenné pracovní skupiny. První z dvojice po dobu 1 minuty stlačuje maximálně sílič, druhý počítá počet stahů a sleduje čas. Počet stahů zaznamenejte do tabulky. Totéž proveďte i s druhou rukou. Po 5 minutách cvičení zopakujte.

✓ *Postup 2*

Konce kolíčku na prádlo zmáčkněte maximálně mezi palcem a ukazovákem *(bez opory sousedních prstů)* a držte stisknuté, pokud vydržíte. Čas, po který udržíte maximálně stisknutý kolík, si odečtěte a zapište do tabulky. Totéž proveďte s levou rukou, případně mezi ostatními prsty a palcem.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

31. principu přirozeného radioaktivního rozpadu jader nestabilních izotopů – doba, za kterou se rozpadne polovina jader radioaktivního izotopu – konstantní– vnějších podmínkách
32. studiu doprovodných paleontologických zbytků organismů
33. stejného stáří
34. Severní Americe – 75 až 70 miliony let *(svrchní křídy)*
35. opicím starého světa – gibonovitých a hominidů
36. pravých opic – lidoopů
37. homininů – v Keni – 14 milionů let – nástroje – vyrábět
38. hominizací
39. kosti, zuby, rohy a parohy zvířat
40. asi 2 miliony – asi 650 cm^3
41. Afriky, Asie a Evropy – pekingský
42. protoneandertálce – klasického – anteneandertálec – sapiens steiheimensis
43. protoneandertálce
44. asi 40 000 – zvěře *(mamutů)* – kresby, sošky, nástroje
45. migrace – izolaci skupin – genetickému
46. epitely
47. základní hmoty – základní vlastnosti
48. vazivové – měňavkovitý – fygocytovat
49. krevních cév – špatně hojí
50. vegetativními nervy – na našem vědomí
51. ossein – vápenatých solí
52. příčně pruhovaného *(žíhaného)* – vegetativními nervy
53. chrupavka – okostice
54. kostní dřeň – krvetvornou – červené a bílé krvinky
55. svalová vlákna – myofibrily – aktinem – myosinem
56. zdrojů energie *(ATP)* – zplodin metabolismu

Výsledky testu:

57b; 58a; 59b; 60b; 61c; 62d; 63c; 64a; 65c; 66b; 67b; 68d; 69c; 70d; 71d

Správná tvrzení:

72 ano; 73 ne; 74 ne; 75 ne; 76 ne; 77 ano; 78 ne; 79 ano; 80 ne; 81 ne; 82 ano; 83 ano; 84 ano; 85 ano

SOUSTAVY PŘEMĚNY LÁTKOVÉ

(str. 257–274, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

vnitřní prostředí těla
míza
tkáňový mok
homeostáze
erytrocyty
leukocyty
granulocyty
agranulocyty
monocyty
retikuloendotelová soustava *(RES)*
lymfocyty
imunita
imunizace aktivní
imunizace pasivní
trombocyty
megakaryocyty
makrofágy
fibrinogen
krevní plazma
krevní sérum
tepny
žíly
krevní kapiláry
antigen
protilátka
Rh faktor
transfuze krevní
diapedéza
převodní soustava srdeční
tlak krevní
ozva srdeční
míza *(lymfa)*
uzliny mízní
dýchání zevní
dýchání vnitřní
alveolární vzduch
hemoglobin
dýchací cesty
pneumotorax
obranné reflexy dýchací
trávicí trubice
trávicí žlázy
peristaltický pohyb
ptyalin
mucin
chrup mléčný
chrup trvalý
trávení
vstřebávání
lipázy
peptidázy
pepsin
sekretin
gastrin
renin
trypsin
žlučové kyseliny
bilirubin
žluč
střevní mikroflóra
vláknina
reakce anabolické
reakce katabolické
reakce endergonické
reakce exergonické
nefron
primární moč
melanin
škára
kožní deriváty
apokrinní žlázy

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Které tekutiny tvoří vnitřní prostředí lidského těla?
2. Vyjmenujte specifické funkce krve.
3. Jaké složení má krevní plazma?
4. Proč zralé erytrocyty u člověka nepovažujeme za pravé buňky?
5. Kde vznikají červené a bílé krvinky?
6. Kterých granulocytů je nejvíce?
7. Z jakých buněk vznikají monocyty a na jaké buňky se přeměňují?
8. Jaký význam mají lymfocyty B a T?
9. Co je imunita a co imunizace?
10. Popište princip srážení krve.
11. Co je krevní sérum?
12. Proč se zjišťuje sedimentace červených krvinek?
13. Charakterizujte obecně nositele krevní skupiny AB.
14. Co můžete říci o jedinci, který je Rh^+?
15. Jaký význam má znalost Rh faktoru?
16. Uveďte shody a rozdíly ve stavbě tepen a žil.

17. Co víte o krevních vlásečnicích?
18. Popište stručně velký krevní oběh.
19. Jakým způsobem je řízena rytmická činnost srdce?
20. Co je ischemická choroba srdeční a co je její příčinou?
21. Popište malý krevní oběh.
22. Proč dochází při některých infekčních onemocněních ke zvětšování sleziny?
23. Čím se liší míza od krevní plazmy?
24. Které tkáně a orgány tvoří skupinu lymfatických orgánů?
25. Kde se uskutečňuje vnitřní dýchání?
26. V jaké formě je v krvi dopravováno největší množství CO_2?
27. Popište stavbu a funkci hrtanu.
28. Co je pneumotorax?
29. Jak jsou řízeny dýchací pohyby?
30. Co jsou obranné reflexy dýchací?
31. Které funkce plní trávicí soustava?
32. Jakou funkci mají sliny?
33. Popište činnost a funkci žaludku.
34. Co je trávení a co vstřebávání?
35. Popište tenké střevo a jeho funkce.
36. Které jsou trávicí žlázy?
37. Pohovořte o významu slinivky břišní.
38. Jaký význam v metabolismu živin mají játra?
39. Kde se nachází střevní mikroflóra? Jaký má význam?
40. Popište stručně metabolismus sacharidů.
41. Jaký význam mají lipidy a jak probíhá jejich metabolismus?
42. Proč jsou bílkoviny esenciální? Jak probíhá jejich metabolismus?
43. Jaký význam mají přijímané minerální látky v potravě?
44. V čem spočívá nenahraditelný význam vitaminů?
45. Které soustavy se podílejí na vylučování?
46. Popište nefron.
47. Jakým způsobem je řízena činnost ledvin?
48. Uveďte, které funkce plní kůže.
49. Co jsou kožní deriváty? Uveďte jejich funkce.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

50. Mimobuněčnou tělní tekutinu tvoří krev, míza a ……
51. Osmotická hodnota krevní plazmy odpovídá 0,9% roztoku chloridu sodného. Roztok této koncentrace se označuje jako ……
52. Erytrocyty obsahují červené krevní barvivo ……
53. Podle toho, v jakém prostředí se granulocyty barví, rozdělujeme je na ……
54. Mezi agranulocyty patří …… a lymfocyty.
55. Lymfocyty B vykonávají imunitu ……
56. Krevní destičky se uplatňují při …… Vznikají v kostní dřeni odškrcováním cytoplazmy z …… Zralé nemají ……
57. Krevní sérum vzniká z krevní plazmy oddělením ……
58. Nositelé krevní skupiny B obsahují na povrchu svých červených krvinek …… a ve své plazmě ……
59. Rh faktor je …… obsažený v biomembráně erytrocytů u 85 % lidské populace.
60. Cévy vedoucí krev ze srdce jsou …… a naopak cévy vedoucí krev do srdce jsou ……
61. Kapiláry se uplatňují při …… látek mezi krví a buňkami tkání.
62. Mezi pravou předsíní a pravou komorou je ……

63. Systolická ozva začíná stahem srdečního svalu a uzavřením ……, diastolická ozva vzniká uzavřením ……
64. Výživa srdce je zajišťována ……
65. Součástí velkého oběhu krevního je oběh vrátnicový. Začíná ve stěnách …… kapilární sítí, která odvádí krev do vrátnicové žíly. Ta se zanořuje do jater, kde se opět větví na …… vstupující do jaterních lalůčků.
66. Malý oběh krevní začíná z pravé komory ……, který se větví na …… zanořující se do pravé a levé plíce. Okysličená krev se z plic sbírá do ……, přivádějící krev do ……
67. V červené dřeni sleziny jsou roztroušené bělavé chomáčky mízní tkáně, označované jako …… V nich se tvoří ……
68. Mízní uzliny mají na svém povrchu vazivové pouzdro, z něhož do nitra uzliny vniká řídká …… Prostory mezi trámčinou jsou vyplněny lymfocyty, které se zde …… Míza prochází uzlinou jako ……
69. Zatímco atmosférický vzduch obsahuje 0,03 procenta …… a 21 % ……, alveolární vzduch obsahuje 5 % …… a 14 % ……
70. V nosní dutině se vdechovaný vzduch zbavuje ……, sytí se …… a na prokrvené sliznici se ……
71. Povrch plic kryje ……, která přechází na vnitřní stěnu hrudníku jako …… Mezi oběma blánami je ……, vyplněná vazkou tekutinou.
72. Hlavními vdechovými svaly jsou …… a ……
73. Dýchací centrum se nachází v ……
74. Svalová vrstva trávicí trubice je tvořena převážně ……, která tvoří jednak vnitřní vrstvu uspořádanou ……, jednak vnější vrstvu uspořádanou …… Toto uspořádání umožňuje …… pohyby, jimiž je potrava v trubici posouvána.
75. Sliny obsahují slinnou amylázu *(ptyalin)*, štěpící …… až na ve vodě rozpustnou sladkou ……
76. Ve slinách je obsažen též enzym ……, ničící choroboplodné zárodky.
77. Kyselina chlorovodíková v žaludku ničí ……, brání rozkladu některých ……, přeměňuje ve vodě nerozpustné …… a aktivuje neúčinný pepsinogen na účinný ……
78. Střevní šťáva obsahuje enzymy peptidázy, štěpící ……, lipázy, štěpící ……, a amylázy, štěpící ……
79. Slinivka břišní je smíšenou žlázou, protože produkuje …… a současně také ……
80. Žlučové kyseliny jednak aktivují ……, jednak ……. tuky, které jsou pak lipázami štěpeny.
81. Pro normální činnost kvasných bakterií v tlustém střevě je v potravě důležitá přítomnost ……
82. Nadbytečná glukóza se v játrech přeměňuje na ……, který se ukládá v jaterních buňkách a v …… do zásoby.
83. Při deaminaci aminokyselin vzniká toxický amoniak, který je v jaterních buňkách přeměněn na ……
84. Hlavním místem exkrece moči jsou …… Z glomerulů se do váčků odevzdává převážná část kapalných složek s výjimkou …… Vzniklý ultrafiltrát odtéká dále do ……
85. Na látkovém řízení činnosti ledvin se podílejí hormony. Antidiuretický hormon *(ADH)* ovlivňuje ……, aldosteron …… a renin ovlivňuje ……
86. Kožní barvivo *(melanin)* chrání hlouběji uložené buňky tkání před škodlivým ……
87. Potní žlázy jsou v kůži rozloženy nerovnoměrně. Nejvíce je jich ……

✓ *Test*

88. **Člověk bez potíží snese ztrátu:**
    a) 0,5 l krve
    b) 1 l krve
    c) 1,5 l krve
    d) 2 l krve

89. **Vyberte správné tvrzení o krevní plazmě:**
    1 – plazma obsahuje 1 % rozpuštěných anorganických látek
    2 – plazma obsahuje asi 9 % rozpuštěných anorganických látek
    3 – převažujícími složkami rozpuštěných anorganických látek jsou glukóza a hydrogenuhličitanové ionty
    4 – převažujícími složkami rozpuštěných anorganických látek jsou chlorid sodný a hydrogenuhličitanové ionty

Správná tvrzení: a) 1, 3
b) 2 ,4
c) 1, 4
d) 2, 3

90. **Červené krvinky *(erytrocyty)*:**
1 – vznikají v kostní dřeni
2 – vznikají v kostní dřeni a v játrech
3 – obsahují krevní barvivo hemoglobin
4 – obsahují krevní barvivo hemoglobin a bilirubin
Správná tvrzení: a) 1, 2, 3
b) 2, 4
c) 2, 3
d) 1, 3

91. **Monocyty:**
1 – patří mezi granulocyty
2 – patří mezi agranulocyty
3 – vznikají v kostní dřeni
4 – vznikají z endotelových výstelek a z histiocytů
Správná tvrzení: a) 2, 4
b) 1, 3
c) 2, 3
d) 1, 4

92. **Na specifické imunitě se podílejí:**
a) pouze lymfocyty B
b) pouze lymfocyty T
c) lymfocyty B i lymfocyty T
d) lymfocyty B, lymfocyty T a granulocyty

93. **Plazmatické bílkoviny se syntetizují v:**
a) kostní dřeni
b) játrech
c) slinivce břišní
d) slezině

94. **Obranné látky *(imunoglobuliny)*:**
1 – jsou vytvářeny lymfocyty B
2 – jsou vytvářeny lymfocyty B a lymfocyty T
3 – jsou obsaženy v léčebných sérech
4 – jsou obsaženy v mateřském mléce
Správná tvrzení: a) 1, 2, 3, 4
b) 1, 3, 4
c) 2, 3, 4
d) pouze 1, 3

95. **Aglutinogeny jsou:**
a) protilátky v krevní plazmě
b) protilátky erytrocytů
c) protilátky lymfocytů
d) antigeny erytrocytů

96. **V dospělosti se krvinky člověka tvoří prakticky pouze v:**
a) kostech stehenních, ramenních a holenních
b) játrech
c) hrudní kosti, žebrech a tělech obratlů
d) žádné z výše uvedených tvrzení není správné

97. **Hemoglobin z chemického hlediska patří mezi:**
a) glykoproteiny
b) lipoproteiny
c) hemoproteiny
d) fosfoproteiny

98. **Aglutininy jsou:**
a) produkty aglutinogenů
b) antigeny shlukující erytrocyty
c) protilátky v krevní plazmě
d) produkty trombocytů

99. **Rh faktor je:**
a) aglutinogen v erytrocytech
b) aglutinin v krevní plazmě
c) aglutinogen v trombocytech
d) aglutinin v krevním séru

100. **Kterou z uvedených cév proudí odkysličená krev?**
a) věnčitou tepnou
b) plicní tepnou
c) plicní žílou
d) ledvinovou tepnou

101. **Z uvedených cév naměříme nejvyšší systolický tlak v:**
a) plicní tepně
b) plicní žíle
c) horní duté žíle
d) mozkové kapiláře

102. **Hlavní silou umožňující průtok krve žílami je:**
a) srdeční tep
b) aktivní transport
c) stahy kosterních svalů
d) stahy hladkého svalstva žilních stěn

103. **Rozpadající se trombocyty uvolňují:**
a) trombin
b) protrombin
c) trombokinázu
d) vápenaté ionty

104. **Které z uvedených látek nejsou obsaženy v míze *(lymfě)*?**
1 – soli
2 – bílkoviny
3 – hemoglobin
4 – tuky
V míze nejsou: a) 2, 3
b) 3, 4
c) 1, 3, 4
d) pouze 3

105. **Dýchací ústředí se nachází v:**
a) mezimozku
b) prodloužené míše
c) středním mozku
d) mozečku

106. **Trávení sacharidů se uskutečňuje v:**
1 – ústní dutině
2 – žaludku
3 – tenkém střevě
4 – tlustém střevě
Platí tvrzení: a) 1, 2, 3, 4
b) 1, 2, 3
c) 1, 3
d) 1, 3, 4

107. **Mezi hormony, které ovlivňují tvorbu trávicích šťáv, nepatří:**
a) renin
b) pankreozymin
c) sekretin
d) gastrin

108. **Trávení bílkovin se uskutečňuje v:**
1 – ústech
2 – žaludku
3 – tenkém střevě
4 – játrech
Platí tvrzení: a) 2, 3
b) 1, 3, 4
c) 1, 3
d) 3, 4

109. **Z uvedených enzymů umožňují štěpení bílkovin:**
1 – ptyalin
2 – pepsin
3 – lipáza
4 – trypsin
Platí: a) 1, 2 c) 2, 4
b) 3, 4 d) 1, 3

110. **Ve které z uvedených cév bude pravděpodobně nejvyšší koncentrace glukózy v krvi u člověka, který se před půl hodinou vydatně najedl?**
a) dolní duté žíle
b) vrátnicové žíle
c) aortě
d) horní duté žíle

111. **V játrech se uskutečňují níže uvedené děje s výjimkou:**
a) odstraňování močoviny z krve
b) metabolismu bílkovin
c) metabolismu lipidů
d) sekrece žluči

112. **Ledviny vykonávají níže uvedené funkce s výjimkou:**
a) zpětně vstřebávají soli a glukózu z ultrafiltrátu
b) odstraňují nadbytečné Na^+ ionty z krve
c) syntetizují močovinu
d) zahušťují moč

113. **Ve které z uvedených cév bude pravděpodobně nejvyšší koncentrace plazmatických bílkovin?**
a) břišní aortě
b) ledvinové tepně
c) v tepénce přivádějící krev do Bowmanova váčku
d) v cévě odvádějící krev z Bowmanova váčku

114. **Přídatnými kožními orgány *(kožními deriváty)* nejsou:**
a) mazové žlázy
b) hmatová tělíska
c) potní žlázy
d) mléčné žlázy

115. **Které tvrzení *není* pravdivé? Kůže:**
a) má funkci ochrannou a obrannou
b) se podílí na udržování tělesné teploty
c) má velké resorpční schopnosti
d) má funkci skladovací

✓ *Potvrďte správné tvrzení*	ano	ne
115. Mezi pravou předsíní a pravou komorou je chlopeň dvojcípá.	❍	❑
116. Ve slezině zanikají opotřebované červené krvinky.	❍	❑
117. Mléčný chrup neobsahuje zuby třenové.	❍	❑
118. Stěny žaludku vykonávají peristaltické pohyby.	❍	❑
119. Činností hnilobných bakterií vzniká v tlustém střevě oxid uhličitý.	❍	❑
120. Anabolitické reakce jsou z termochemického hlediska reakcemi exergonickými.	❍	❑
121. Bazální metabolismus je látková přeměna potřebná právě k udržení života.	❍	❑
122. Nenasycené mastné kyseliny jsou pro organismus esenciální.	❍	❑
123. Vitaminy jsou účinnými složkami koenzymů.	❍	❑
124. Zpětné vstřebávání vody ve vinutých kanálcích řídí hormon aldosteron.	❍	❑

Praktická cvičení

30. Krevní tělíska

A. POZOROVÁNÍ KREVNÍCH TĚLÍSEK V KREVNÍM NÁTĚRU

✓ *Teorie*

Krevní tělíska se podílejí na přenosu dýchacích plynů, na srážení krve, na specifické a nespecifické imunitě.

✓ *Materiál a pomůcky*

Protože na středních školách gymnazijního typu není dovoleno experimentovat s lidskou krví, použijte trvalé preparáty krevních nátěrů.

Potřeby k mikroskopování, imerzní objektiv, imerzní olej, xylol k čištění objektivu.

✓ *Postup*

Na krevní nátěr dejte kapku imerzního oleje a pozorujte pod mikroskopem za použití imerzního objektivu při 1000× zvětšení. Jednotlivá tělíska nakreslete a popište. Imerzní objektiv očistěte xylolem.

B. DŮKAZ HEMOGLOBINU TEICHMANNOVOU METODOU

✓ *Teorie*

Princip metody spočívá v převedení hemoglobinu na krystalický **chlorhemin**, jehož typické krystalky lze identifikovat při pozorování pod mikroskopem.

Vyšetření se však nedá využít v soudní praxi, protože nelze určit, zda se jedná o krev lidskou, či zvířecí.

✓ *Materiál a pomůcky*

Pevný NaCl, ledová CH_3COOH, potřeby k mikroskopování, králičí nebo slepičí krev, zaschlé krevní skvrny.

✓ *Postup*

Na zaschlou kapku krve na podložním sklíčku položte krystalek soli a přikápněte kapku ledové kyseliny octové. Přikryjte krycím sklem a opatrně zahřívejte nad plamenem *(kyselinu nesmíte úplně odpařit!).*

Za tepla vznikající chlor mění hemoglobin na chlorhemin, který vytváří jednoklonné krystalky, pozorovatelné nejlépe při okraji krycího skla.

C. PŘÍTOMNOST ŽELEZA V HEMOGLOBINU

✓ *Teorie*

Dospělý člověk má v těle asi 4,5 g železa. Z celkového množství je ho asi 70 % obsaženo v hemoglobinu, asi 15 % ve formě feritinu v játrech a asi 4 % v myoglobinu ve svalech.

✓ *Materiál a pomůcky*

Sušená hovězí krev *(případně krev králičí nebo drůbeží)*, porcelánový žíhací kelímek, 5% HCl, konc. HNO_3, 3% roztok hexakyanoželeznatanu draselného *(žluté krevní soli)*, 10% roztok thiokyanatanu draselného, dest. voda, zkumavky, pipety, triangl, digestoř.

✓ *Postup*

Asi 2 g sušené krve dejte do porcelánového kelímku a umístěte ho v trianglu na kruh stojanu. Plamenem kahanu jeho obsah zpopelněte a důkladně vyžíhejte *(pracujte v digestoři).*

Po ochlazení přidejte ke zbytku v kelímku 2 ml HCl a 2–3 kapky kyseliny dusičné a zahřívejte téměř do odpaření. K ochlazenému obsahu přidejte asi 4 ml dest. vody. Získaný roztok rozdělte do dvou zkumavek. V jedné zkoumejte přítomnost železa přidáním několika kapek roztoku hexakyanoželeznatanu draselného, ve druhé přikápnutím roztoku thiokyanatanu draselného.

Reakci je možné provést kapkováním na filtračním papíře.

✓ *Pozorování*

V první zkumavce vznikne modré zbarvení, ve druhé tmavěčervené.

31. Oběhová soustava

A. KREVNÍ CÉVY

✓ *Teorie*

Krevní cévy se dělí na tepny *(vedoucí krev od srdce)*, žíly *(vedoucí krev k srdci)* a krevní vlásečnice *(kapiláry).*

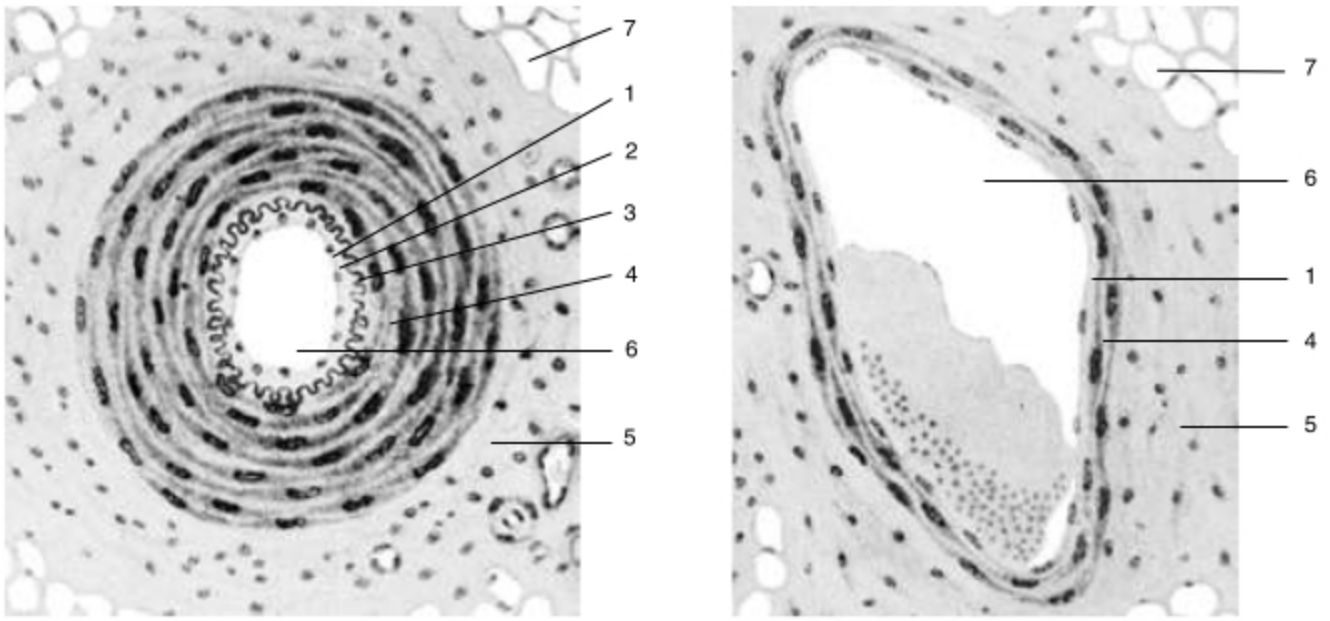
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. příčný řez aortou *(nebo arterií)*
2. příčný řez žílou

Potřeby k mikroskopování.

✓ *Pozorování*

1. Aorta: endotel; subendotelová vazivová vrstvička; elastické dírkované membrány spojené šikmými spojkami; hladké svalové buňky okružního průběhu; tenká vazivová vrstva složená z podélně probíhajících kolagenních a elastických vláken.
2. Tepna: vrstva endotelová; vrstva subendotelového vaziva; elastická membrána; vrstvy hladkých svalových buněk; řídké kolagenní vazivo s nervy.
3. Žíla: tytéž struktury jako u tepny, vrstva hladkých svalových buněk je podstatně tenčí.



Příčný řez tepnou (a) a žílou (b) *(200x)*
1 – endotel, 2 – subendotelové vazivo, 3 – vnitřní elastická membrána, 4 – vrstvy hladkých svalů, 5 – řídké kolagenní vazivo s nervy, 6 – dutina cévní, 7 – tukové buňky

B. POSLECH SRDEČNÍ ČINNOSTI

✓ *Teorie*

Činnost srdce je doprovázena zvuky *(ozvami srdečními)*. Můžeme je slyšet přiložením ucha na srdeční krajinu *(auskultace = vyšetření poslechem)* nebo pomocí fonendoskopu.

✓ *Pomůcky*

Fonendoskop.

✓ *Postup*

Pracujte ve dvojicích.

Vyšetřovaný si sedne. Fonendoskop přiložte těsně na kůži v krajině srdeční. Vyšetřujte při pomalém, hlubokém dýchání.

✓ *Pozorování*

První ozva = systolická vzniká při systole komor *(uzavřením cípatých chlopní)*, je delší a hlubší. Druhá ozva diastolická vzniká na začátku diastoly *(uzavřením poloměsíčitých chlopní)*, je vyšší, náhlá, jasná.

Při poslechu současně kontrolujete puls pohmatem *(palpací)* v zápěstí, neboť jeho náraz je současný se systolickou ozvou.

C. MĚŘENÍ KREVNÍHO TLAKU

✓ *Teorie*

Měřením krevního tlaku zjišťujeme vlastně tlak krve na stěny pažní tepny. Tento tlak se projeví při systole levé srdeční komory. Krev sice odtéká do tepének a vlásečnic, ale přírůstek jejího objemu je tak velký, že se nevyrovná odtokem, ale roztažením pružných stěn pažní tepny. Je to maximální systolický tlak. Při následující diastole tlak klesá a zjišťujeme hodnotu minimálního tlaku diastolického.

✓ *Pomůcky*

Fonendoskop, tonometr.

✓ *Postup*

Pracujte ve dvojicích.

Na obnaženou paži sedící vyšetřované osoby naviňte manžetu tonometru. Do loketní jamky pod manžetu vsuňte naslouchátko fonendoskopu. Nasaďte si sluchadla do uší. Mačkáním balónku zvyšujete tlak v manžetě. Tlak v manžetě plynule snižujte regulačním ventilem, až se náhle ve fonendoskopu ozve klapavý zvuk – dosáhli jste hodnoty systolického tlaku. Odečtěte jeho hodnotu. Zvuk dále slyšíte i při plynulém snižování tlaku v manžetě. Postupně zesiluje a opět slábne, až vymizí. V tomto okamžiku odečtěte hodnotu diastolického tlaku.

Dnes jsou školy již běžně vybaveny digitálními tonometry, u nichž se hodnota tlaku a počet tepů odečítá na displeji.

Poznámka: Tlak se tradičně udává v dnes již zakázaných jednotkách torrech.
1 torr = 133 Pa
Normální systolický tlak se pohybuje od 100 do 140 torrů, u mladších osob je nižší, jeho hodnota s věkem roste. Normální diastolický tlak se pohybuje od 70 do 90 torrů.

32. Zátěžové testy

✓ *Teorie*

Zátěžové testy jsou metodou vyšetření kardiovaskulárního systému na určitou, přesně vymezenou a vyšetřovanému dostupnou, opakovatelnou zátěž.

Základním principem všech těchto zkoušek je skutečnost, že zdatnější člověk má při stejné zátěži nižší tepovou frekvenci a nižší systolický krevní tlak než člověk méně zdatný. Po zátěži se potom rychleji dostává do normálního stavu.

A. NEJPRVE SE NAUČTE VYŠETŘOVAT PULS POHMATEM

✓ *Pomůcky*

Stopky nebo hodinky se sekundovou ručičkou.

✓ *Postup*

Na tepnu *(a. radius)* na zápěstí položte bříška tří prostředních prstů. Počítejte počet tepů za 10 sekund a výsledek násobte šesti. Obdržíte tepovou frekvenci *(TF)* za minutu.

B. STEP – UP TEST

Je oblíbený test, vhodný pro zdravé, netrénované osoby, stejně jako pro sportovce.

✓ *Pomůcky*

Židle, metronom, stopky.

✓ *Postup*

Vyšetřovaná osoby se postaví jednou nohou na židli, druhou nechá na zemi. Na daný signál začne vystupovat podle metronomu *(provádí 30 výstupů za minutu)*, jednu nohu nechává stále na židli. Nohy při výstupech pravidelně střídá. Osoba vystupuje tak dlouho, dokud vydrží *(nejdéle však 5 minut).* Ihned po skončení se posadí a změříte jí TF ve třech periodách vždy v trvání 30 sekund. *(První období počítejte od 1. minuty do 1. min. 30 sekund, druhé období od 2. min. do 2. min. 30 sekund, třetí období od 3. min. do 3. min. 30 sekund).*

Výpočet indexu zdatnosti:

$$I = \frac{\text{délka cvičení v sekundách}}{\text{součet 3 tepových frekvencí}} \times 100$$

I = 80 a méně	málo výkonný
I = 81–100	středně výkonný
I = 101–120	dobře výkonný
I = 121–140	velmi dobře výkonný
I = nad 140	výborně výkonný

C. FUNKČNÍ ZKOUŠKA 20 DŘEPŮ

✓ *Pomůcky*

Metronom, stopky, tonometr.

✓ *Postup*

Vyšetřované osobě změřte TK a TF. Zaznamenejte.

Poté vyšetřovaná osoba provede 20 hlubokých dřepů s předpažením ve dřepu a připažením ve stoji. *(Frekvence 40 cviků za minutu.)* Ihned po skončení se vyšetřovaný posadí a změříte mu TF v 10 sekundovém intervalu a TK pokud možno během následujících 20 sekund. Obě měření opakujte každou minutu, až TF dosáhne výchozí hodnoty. Návrat do původní hodnoty by měl nastat do 4 minut. Rozdíl mezi klidovou hodnotou a hodnotou po zátěži by neměl být větší ne 50 %.

33. Anatomie trávicí soustavy

✓ *Teorie*

Trávicí ústrojí slouží k příjmu potravy, kterou mechanicky rozmělňuje a působením trávicích žláz rozkládá. Odbourané jednoduché látky jsou vstřebávány do krve. Nestravitelné zbytky potravy shromažďuje a upravuje k výdeji z těla.

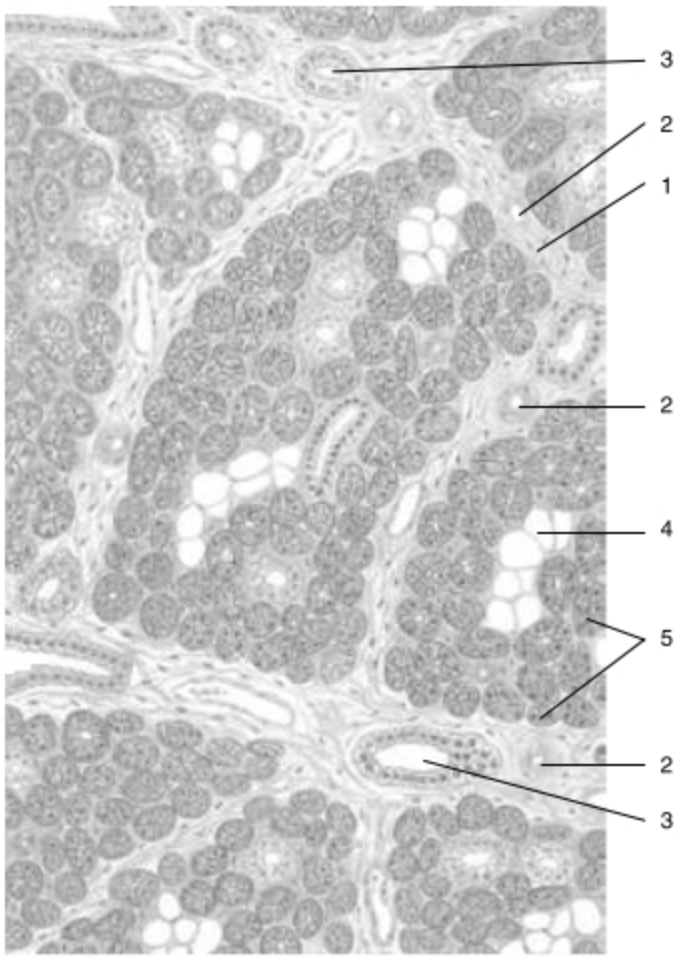
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty:
1. Řez slinnou žlázou
2. Řez tenkým střevem *(příčný, podélný)*
3. Řez slinivkou břišní
4. Řez játry

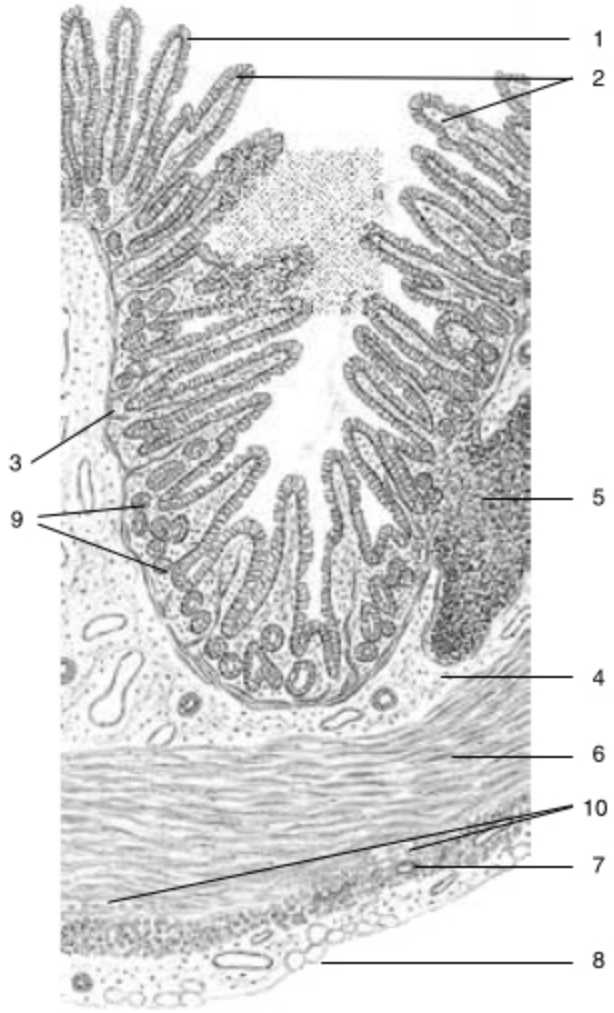
Pomůcky k mikroskopování.

✓ *Pozorování*

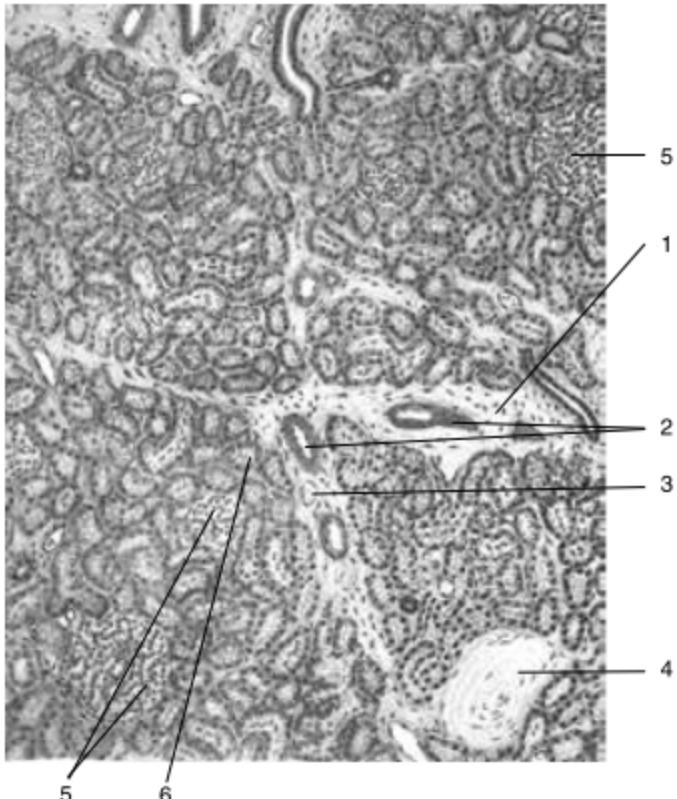
1. **Slinná žláza** je tvořena vazivovým pouzdrem, z něhož odstupují přepážky s krevními cévami, nervy a vývody, které člení parenchym žlázy na lalůčky. Řídké kolagenní vazivo opřádá sekreční oddíly žlázy.
2. **Tenké střevo** vytváří směrem dovnitř klky. Dna invaginací mezi klky dosahují až k vrstvičce slizniční svaloviny. Pozorujete vysoký jednovrstevný cylindrický epitel, složený z resorpčních a sekrečních buněk *(soudečkovité nebo kyjovité buňky pohárkové).* Retikulární vazivo s lymfatickými uzlíky vytváří podklad střevních klků. Pozorujete také vrstvu řídkého, kolagenního vaziva, vrstvy svalové tkáně *(okružní – vnitřní a podélné – vnější).*
3. **Slinivka břišní** je na povrchu krytá vazivem, které směrem dovnitř vybíhá jako přepážky s krevními cévami a vývody, rozdělujícími parenchym žlázy na lalůčky. Uvnitř lalůčků je řídké kolagenní vazivo. Mezi lalůčky se nachází několik nepravidelně roztroušených buněk Langerhansových ostrůvků. Pouzdro oddělující Langerhansův ostrůvek je složeno z kolagenních a retikulárních vláken.
4. **Játra** mají parenchym sestavený z lalůčků tvořených jaterními buňkami seřazenými v trámečky, paprsčitě se rozbíhajícími podélně od podélné osy lalůčku. Lalůčky centrální cévy se jeví jako pěti až šestiboké útvary. Trámečky tvoří jedna nebo dvě řady buněk.



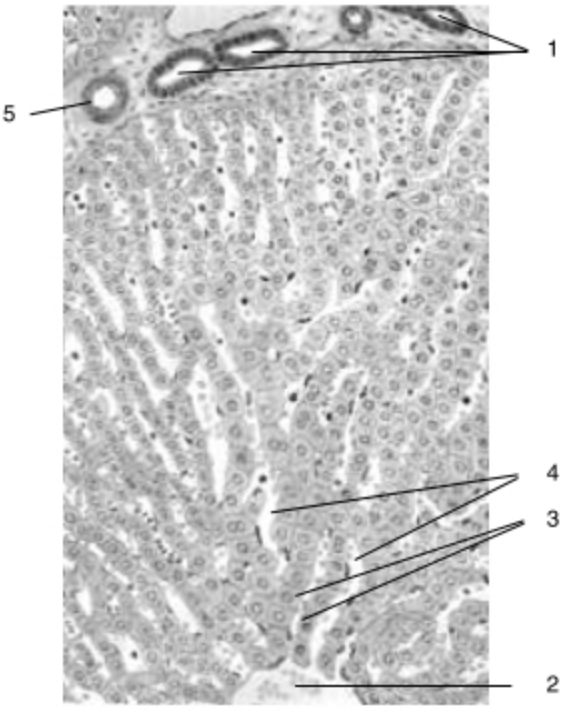
Řez příušní slinnou žlázou *(450x)*
1 – vazivová přepážka, 2 – tepénka, 3 – vývody,
4 – tukové buňky 5 – serózní aciny tvořené serózními buňkami



Řez tenkým střevem *(45x)*
1 – epitel, 2 – klky, 3 – slizniční svalovina, 4 – retikulární vazivo,
5 – lymfatický uzlík, 6 – okružní hladké svaly,
7 – podélné hladké svaly, 8 – serózní blána, 9 – střevní žlázy,
10 – parasympatické gangliové buňky



Řez slinivkou břišní *(450x)*
1 – vazivová přepážka, 2 – cévy *(tepénky)*, 3 – nerv,
4 – Paciniho tělísko, 5 – Langerhansovy buňky, 6 – lalůček



Řez játry *(jaterním lalůčkem) (300x)*
1 – odvodné žlučové kanálky, 2 – centrální žíla,
3 – trámečky jaterních buněk, 4 – sinusoidy, 5 – tepénka

34. Vlastnosti slin

✓ *Teorie*

Sliny jsou sekretem slinných žláz a malých žlázek dutiny ústní. V období, kdy není přijímána potrava, se tvoří přibližně 0,5 ml slin za minutu. Při příjmu potravy se sekrece zvyšuje a dosahuje až 4 ml za minutu. Za den se vyloučí 0,7 až 2 l slin. Sliny z 99,5 % tvoří voda. Zbytek tvoří hlen *(mucin)*, amyláza *(ptyalin)*, leukocyty, albuminy, globuliny, thiokyanatan draselný a další rozpuštěné minerální soli.

✓ *Materiál a pomůcky*

Fehlingovo činidlo, Lugolův roztok, univerzální pH papírky, stojánek se zkumavkami, filtrační papír, nálevka, 1% roztok škrobového mazu, kahan, *(vařič)*, teploměr, 2 dělené pipety, 2% roztok $FeCl_3$, 4% kyselina chlorovodíková, 25% kyselina octová.

✓ *Postup*

Pro jednotlivá stanovení použijte vlastní sliny. Získáte je tak, že ústa proplachujete si 20 ml destilované vody po dobu 5 minut. Zjišťujete:

1. **Reakci slin – pomocí univerzálního pH papírku.**
2. **Vysrážení mucinu.**
   K asi 5 ml roztoku lin přikápnete kyselinu octovou. Vysráží se bílá rosolovitá hmota – glykoprotein mucinu. Přebytek kyseliny sraženinu opět rozpustí.
3. **Thiokyanatany *(rhodanidy)*.**
   Prokážete reakcí s Fe^{3+} ionty. Ke 3 ml slabě okyselených slin *(4% HCl)* přidejte 2–3 kapky roztoku $FeCl_3$. Vznikne červené zbarvení komplexní soli.
4. **Důkaz štěpících schopností ptyalinu.**

Více slin s vyšším obsahem ptyalinu získáte, když vezmete do úst s dest. vodou i kousek chleba. Získaný výplach přefiltrujte. Připravte si sadu 3 zkumavek *(označených písmeny 1 až 3)*. Do každé zkumavky odpipetujte 2 ml škrobového mazu, který zřeďte stejným objemem vody.

Zkumavka č. 1 je kontrolní.

Do zkumavky č. 2 nakapejte 5 kapek filtrátu slin.

Do zkumavky č. 3 odpipetujte 0,5 ml 4% HCl a 5 kapek filtrátu slin.

Obsah všech tří zkumavek protřepejte a proveďte kapkovací zkoušku na filtračním papíře s Lugolovým roztokem.

Zkumavky vložte do vodní lázně vyhřáté na teplotu 37 až 40 °C a nechte v ní po dobu asi 30 minut. Opět proveďte kapkovací zkoušky s Lugolovým roztokem. Z každé zkumavky odlijte asi polovinu roztoku do tří čistých zkumavek a proveďte zkoušku s Fehlingovým činidlem *(viz cvičení 8)*.

✓ *Pozorování*

Ve zkumavce č. 2 byla zkouška s Lugolovým roztokem negativní, S Fehlingovým činidlem došlo po zahřátí ke vzniku oranžově hnědé sraženiny.

✓ *Závěr*

Ptyalin štěpí v neutrálním nebo zásaditém prostředí ve vodě nerozpustný škrob na ve vodě rozpustný disacharid maltózu, jejíž přítomnost prokážete reakcí s Fehlingovým činidlem. V kyselém prostředí se účinek ptyalinu neprojeví.

35. Dýchací soustava

✓ *Teorie*

Dýchací soustava zajišťuje výměnu kyslíku a oxidu uhličitého mezi krví a tkáněmi *(vnitřní dýchání)* a mezi krví a plícemi *(vnější dýchání)*.

A. HISTOLOGICKÉ PREPARÁTY

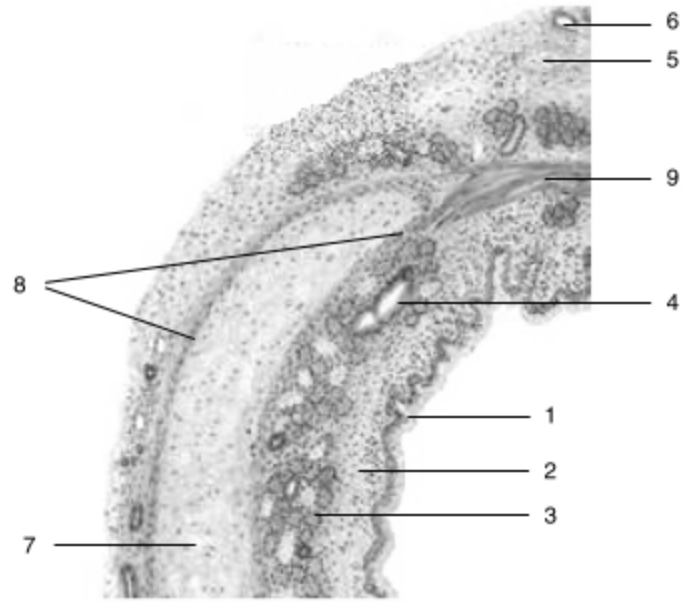
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Řez plící
2. Řez průdušnicí

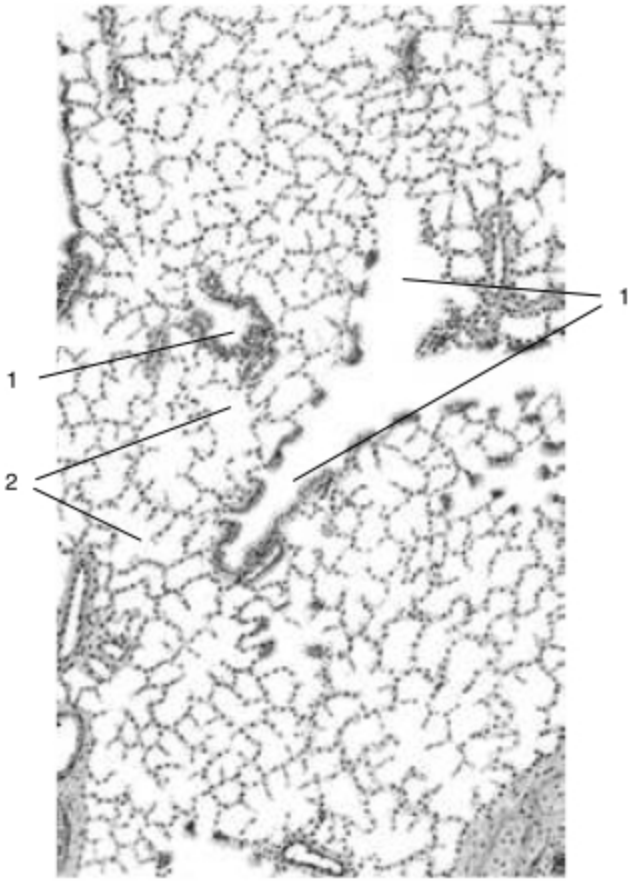
Potřeby k mikroskopování.

1. **Plíce.** Pozorujeme:
   Plicní sklípky proměnlivé velikosti a tvaru, vystlané tenkým respiračním epitelem nasedajícím na retikuloelastickou blanku protkanou sítí kapilár.
   Alveolové chodbičky ukončené slepě alveolovými váčky *(ze 3 až 4 sklípků)*.
   Průdušinky vystlané jednosvrstevným cylindrickým epitelem.

2. **Průdušnice** *(příčný řez)*. Pozorujeme:
   Sliznici tvořenou víceřadým cylindrickým epitelem s řasinkami a četnými pohárkovými buňkami.
   Vrstvičku slizničního vaziva *(řídké kolagenní vazivo, obsahující někdy ostrůvky lymfatické tkáně)*.
   Podslizniční vrstvu řídkého kolagenního vaziva prostoupeného žlázkami ústícími na povrch sliznice.
   Nedovřené prstence hyalinní chrupavky, jejichž konce spojuje hladký sval.



Řez průdušnicí *(45x)*
1 – epitel *(víceřadý, cylindrický)*,
2 – vrstva slizničního vaziva,
3 – podslizniční vrstva se žlázkami,
4 – vývod tracheální žlázy, 5 – nerv, 6 – céva,
7 – chrupavka *(hyalinní)*,
8 – ohraničení chrupavky,
9 – hladký sval spojující na dorzální straně nedovření prstence chrupavky



Řez plicí *(50x)*
1 – průdušinka, 2 – plicní sklípek

B. DÝCHÁNÍ PIPETOU DO VÁPENNÉ VODY

✓ *Teorie*

Ve vydechovaném *(alveolárním)* vzduchu je obsaženo asi 3–5 % oxidu uhličitého a jen asi 14 % kyslíku. Vysokou koncentraci oxidu uhličitého lze dokázat vydechováním do vápenné vody.

✓ *Materiál a pomůcky*

Čerstvá vápenná voda *(připraví se tak, že do kádinky se 100 ml dest. vody přidáme lžičku CaO, dobře promícháme a zfiltrujeme do reagenční láhve)*, větší zkumavka, pipeta.

✓ *Postup*

Do zkumavky nalijte asi 10 ml vápenné vody a pipetou vydechujte vzduch z plic.

✓ *Pozorování*

Vápenná voda se začne téměř okamžitě kalit. Po určitém počtu výdechů se začne bílá sraženina rozpouštět a roztok se vyjasňuje. *(Dovedete vysvětlit pozorovaný jev?)*

C. MĚŘENÍ VITÁLNÍ KAPACITY PLIC

✓ *Teorie*

Objem vzduchu, který po maximálním vdechu maximálně vydechneme, se označuje jako vitální kapacita plic.

✓ *Materiál a pomůcky*

Spirometr, kádinka s alkoholem, kádinka s vodou.

✓ *Postup*

Vyšetřovaná osoba zhluboka dýchá 2–3 minuty. Potom maximálně vdechne a maximálně vydechne vzduch z plic do spirometru. Proveďte s malými prodlevami 3× a nejvyšší hodnotu použijte jako skutečnou hodnotu k výpočtu. Náústek spirometru oplachujte v alkoholu a ve vodě.

✓ *Hodnocení*

Čím je větší hmotnost tělesných tkání, tím je větší spotřeba kyslíku, aby zajistila jejich normální výkonnost. Hodnota vitální kapacity pro jednotlivce se vypočítá:

$$\text{hmotnost těla} \times 50 = \text{vitální kapacita } \textit{(náležitá hodnota)}$$

$$\frac{\text{skutečná hodnota}}{\text{náležitá hodnota}} \times 100 = \text{P } \textit{(\%)}$$

Číslo P informuje, kolik procent náležité hodnoty vyšetřovaná osoba vykazuje.

36. Močové ústrojí a kůže

✓ *Teorie*

Hlavní funkcí močového ústrojí je vylučování katabolitů látkové přeměny v podobě moči, a tím udržování stálosti vnitřního prostředí organismu *(homeostázy).*

A. HISTOLOGICKÉ PREPARÁTY

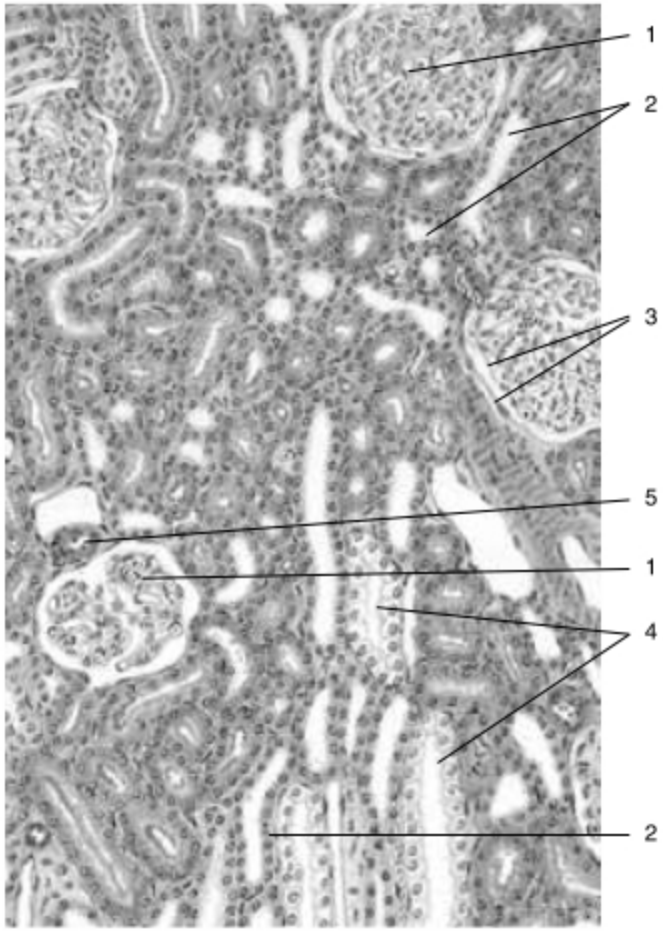
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Řez ledvinou
2. Řez kůží

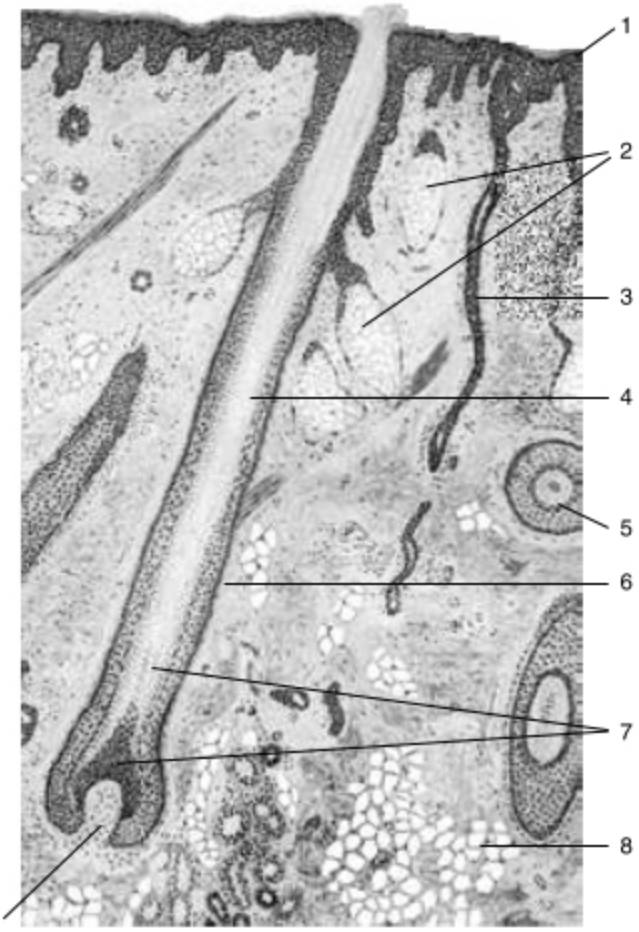
Potřeby k mikroskopování.

1. **Ledvina.** Pozorujeme:
Parenchym ledviny se zřetelně dělí na část korovou a část dřeňovou.V korové části pozorujeme nefrony.

2. **Kůže** *(řez kolmo k povrchu bříška prstu).* Pozorujeme:
Pokožku s bazální vrstvou kubických nebo cylindrických buněk a s povrchovou vrstvou zrohovatělých, odumřelých buněk. Škáru, která papilami vybíhá proti pokožce. Tvoří ji řídké kolagenní vazivo s lalůčky tukové tkáně v nejspodnějších částech. Pozorujeme též potní žlázy.



Řez ledvinou *(korovou částí) (450x)*
1 – klubíčko *(glomerulus)*, 2 – vinutý kanálek,
3 – stěny Bowmanova váčku, 4 – sběrné kanálky, 5 – tepénka



Řez kůží
1 – pokožka, 2 – kožní žláza *(mazová)*, 3 – potní žláza,
4 – chlup *(vlas)*, 5 – příčný řez chlupovou pochvou,
6 – chlupová pochva, 7 – dřeň a základní hmota chlupu,
8 – tukové buňky, 9 – škárová bradavka

B. POT A POTNÍ ŽLÁZY

✓ *Teorie*

V kůži má člověk asi 2.10^6 potních žláz. Pot obsahuje především vodu *(98 %)*. Jeho součástí jsou však také organické kyseliny *(mravenčí, propionová, máselná)*, močovina, bílkoviny a látky anorganické, např. chlorid sodný.

Potní žlázy nejsou rozloženy po povrchu těla rovnoměrně. Největší hustota potních žláz je na dlaních, čele, chodidlech a v podpaždí.

✓ *Materiál a pomůcky*

Lupa, kousky červeného savého papíru *(2 × 3 cm)*, bílý filtrační papír, papírová šablonka s otvorem 1 × 1 cm, 0,25% roztok $AgNO_3$, 5% roztok octanu olovnatého, pinzeta, elektrická žehlička, podložka na žehlení.

1. **Důkaz chloridů v potu.**
   Kousky červeného savého papíru přikládejte postupně na různá místa povrchu těla. Papírek uchopte do pinzety a ponořte do roztoku dusičnanu stříbrného. Papírky vystavte účinkům přímého slunečního světla *(nebo blízkosti elektrického svítidla).*

✓ *Pozorování*

Objevují se bílé tečky *(AgCl)*, které účinkem světla postupně modrají až černají. Černé tečky označují ústí potních žlázek.

2. **Důkaz bílkovin v potu.**
   Podobně jako u předešlého pokusu nasajte pot do kousků bílého filtračního papíru, který krátce nato ponořte do roztoku octanu olovnatého. Na vlhký papír přitiskněte horkou žehličku.

✓ *Pozorování*

Bílkovina rozložená horkem uvolňuje sulfan, který reakcí s octanem olovnatým uvolňuje černý sulfid olovnatý.

$$(CH_3COO)_2Pb + H_2S \rightarrow PbS + 2CH_3COOH$$

37. Dermatoglyfika

✓ *Teorie*

Dermatoglyfika je obor zabývající se zkoumáním papilárních linií na rukou. Označuje se též jako daktyloskopie. Má uplatnění v soudní *(forenzní)* antropologii, při řešení sporných otcovství a v kriminalistice.

Papilární linie na prstech se odvozují od hmatových papil ve škáře. Tvoří obrazce – dermatoglyfy. Tyto obrazce jsou pro jedince individuálně charakteristické a dědičné.

✓ *Materiál a pomůcky*

Tiskařská čerň, pryžový váleček s držákem, dvě skleněné desky *(cca 20 × 30 cm)*, listy bílého papíru, skleněný válec *(pivní láhev)* asi o průměru 8 cm, benzin, vata, potřeby k umytí.

✓ *Postup*

Na střed skleněné desky nanesete kousek tiskařské černi. Pryžovým válečkem ji rozetřete do tenké vrstvy po celé ploše. Na druhou skleněnou desku položte list bílého papíru, označeného písmenem L nebo P a jménem vyšetřovaného.

Nejdříve se snímá otisk palce, pak ukazováku a postupně dalších prstů.

Tlak prstu na podložku určuje vyšetřující, který vede prst při očerňování i při otiskování stejným způsobem. Celou oblou část prstového bříška převalí po podložce zleva do prava *(nikdy zpátky!)*. Každý prst jednou očerní a dvakrát za sebou otiskne. Druhý otisk je slabší, ale obvykle lépe rozlišitelný. Vyšetřující otisky očísluje.

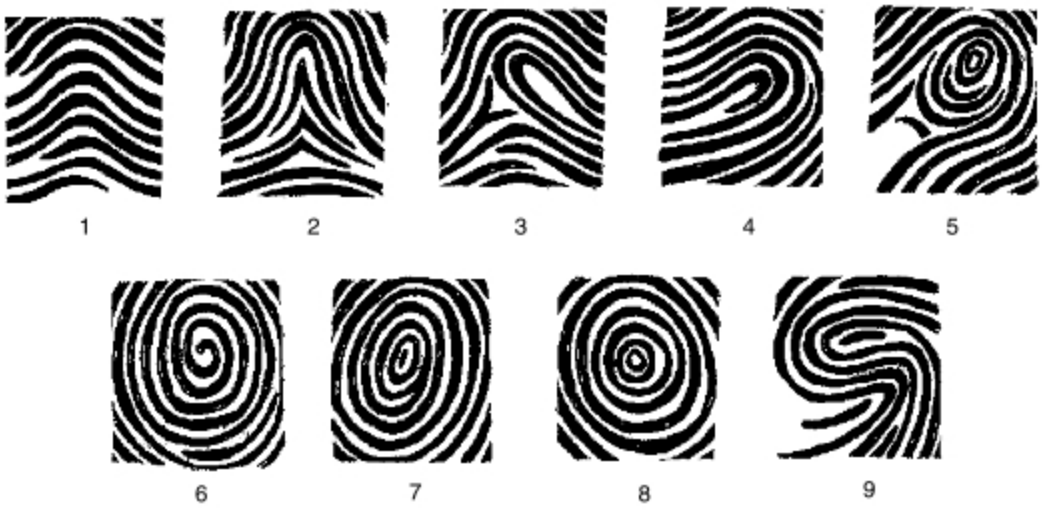
✓ *Ošetření*

Vata namočená v benzinu smývá čerň.

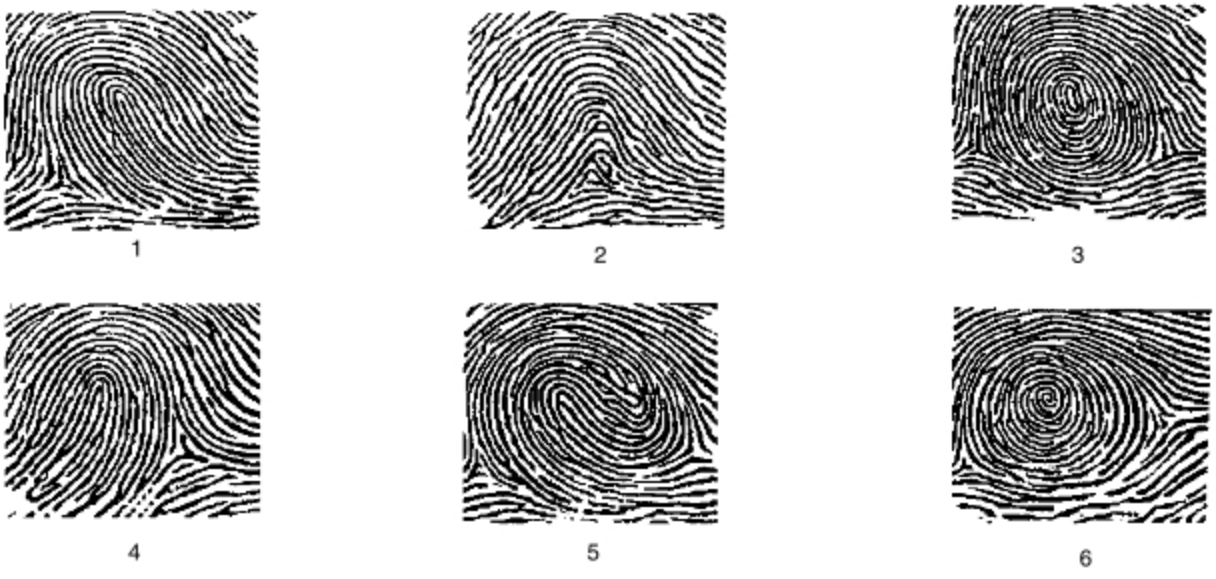
✓ *Hodnocení*

Každý otisk má svou charakteristiku. Kvalitativní charakteristika je dána tvarem hlavního vzoru, který papilární linie tvoří na středu otisku. Nejvýznamnější hlavní vzory jsou: **oblouček, smyčka a závit** ***(vír)***. Vedlejším vzorem je **triradius**. Smyčka otevřená v radiálním směru se nazývá smyčka radiální a má vedlejší vzor na ulnární straně.

Poznámka: Pro kriminalistickou praxi mají největší význam drobné detaily *(minucie)*, jako je přerušování linií, ostrůvkovitost, splývání a rozdvojování, které jsou pro každou osobu naprosto individuální.



1 – plochý oblouček, 2 – stanový oblouček, 3, 4 – smyčky, 5 – smyčka s jádrem, 6, 7, 8 – závity, 9 – dvojsmyčka



Otisky prstů pravé ruky *(kvalitativní charakteristiky)*
1 – ulnární smyčka, 2 – oblouček, 3 – závit, 4 – radiální smyčka, 5 – dvojsmyčka, 6 – spirální závit

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

50. tkáňový mok
51. fyziologický
52. hemoglobin
53. bazofilní, eosinofilní a neurofilní
54. monocyty
55. látkovou
56. srážení krve – megakaryocytů – jádro
57. fibrinogenu
58. antigeny *(aglutinogeny)* B – protilátky *(aglutininy)* anti A
59. aglutinogen
60. tepny – žíly
61. výměně
62. chlopeň trojcípá
63. cípatých chlopní – poloměsíčitých chlopní
64. věnčitými tepnami
65. žaludku, střev, slinivky břišní a sleziny – vlásečnice
66. plicním kmenem – 2 plicní tepny – 4 plicních žil – levé předsíně
67. bílá dřeň sleziny – lymfocyty
68. trámčina – množí – filtrem
69. oxidu uhličitého – kyslíku – oxidu uhličitého – kyslíku
70. prachu – vodními parami – ohřívá
71. poplicnice – pohrudnice – pohrudniční štěrbina
72. bránice – zevní mezižeberní svaly
73. prodloužené míše
74. hladkou svalovinou – kruhovitě – podélně – peristaltické
75. ve vodě nerozpustné polysacharidy – maltózu
76. lyzozym
77. choroboplodné zárodky – vitaminů – minerální látky – pepsin
78. bílkoviny na aminokyseliny – tuky na glycerol a mastné kyseliny – sacharidy
79. pankreatickou šťávu – hormony
80. pankreatickou lipázu – emulgují
81. vlákniny
82. glykogen – kosterním svalstvu
83. netoxickou močovinou
84. Bowmanovy váčky – bílkovin – vinutých kanálků
85. vstřebávání vody – vstřebávání sodných kationtů – průsvitnost cév a tím přítok krve do glomerulů
86. ultrafialovým zářením
87. v podpaží, na čele, dlaních a ploskách noh

Výsledky testu:

88a; 89c; 90d; 91a; 92c; 93b; 94b; 95d; 96c; 97c; 98c; 99a; 100b; 101a; 102c; 103c; 104d; 105b; 106c; 107a; 108a; 109c; 110b; 111a; 112c; 113d; 114b; 115c

Správná tvrzení:

115 ne; 116 ano; 117 ano; 118 ano; 119 ne; 120 ne; 121 ano; 122 ano; 123 ano; 124 ne

SOUSTAVY REGULAČNÍ

(str. 275–290, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

hormony
žlázy s vnitřní sekrecí *(endokrinní)*
neurosekreční buňky
tkáňové hormony
hypofýza
adenohypofýza
neurohypofýza
hypotalamus
liberiny
statiny
somatotropní hormon *(somatotropin, STH)*
adrenokortikotropní hormon *(kortikotropin, ACTH)*
tyreotropní hormon *(tyrotropin, TSH)*
luteinizační hormon *(lutropin, FH)*
prolaktin
folikulostimulující hormon *(folitropin, FSH)*
antidiuretický hormon *ADH*
oxytocin
melatonin
tyroxin
kalcitonin
parathormon
insulin
glukagon
glukokortikoidy
kortisol
mineralkortikoidy
aldosteron
androgeny
estrogeny
adrenalin
noradrenalin
testosteron
anabolický účinek
estradiol
progesteron
choriongonadotropin
receptor
efektor
neuron
dendrit
neurit
myelin
Schwannova pochva
gliové buňky *(neuroglie)*
prahový podnět
klidový potenciál
akční potenciál
mediátor *(neurotransmitér)*
synapse
kmen mozkový
retikulární formace
šedá hmota
bílá hmota
mozkomíšní mok
motoneuron
pyramidové dráhy
Purkyňovy buňky
mimopyramidové dráhy
limbický systém
obvodové nervy
vegetativní nervy
sympatikus
parasympatikus
nepodmíněný reflex
podmíněný reflex
instinkt
signální soustava
obranná hypertermie
analyzátor *(čidlo)*
extroreceptor
interoreceptor
proprioreceptor
akomodace čočky
optická soustava oka
refrakční vaky oka
daltonismus
oční purpur
ústrojí statokinetické
Cortiho orgán
chemoreceptory

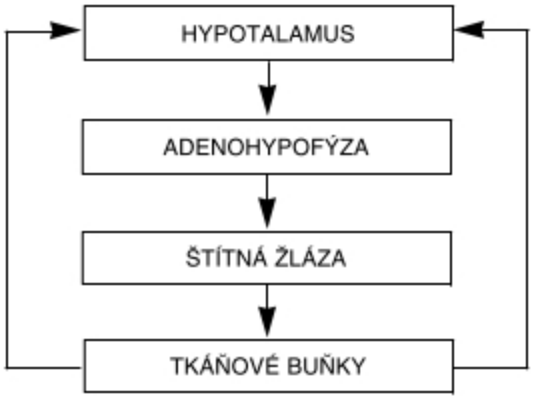
✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Které typy hormonů se podílejí na látkovém řízení?
2. Kdy hovoříme o přímém a kdy o nepřímém působení hormonů?
3. Co tvoří hypotalamohypofyzární komplex?
4. Která žláza se uplatňuje v tzv. „vnitřních hodinách“ obratlovců?
5. Co může být příčinou kretenismu?
6. Kdy může být jedinec postižen křečemi *(tetanií)* dýchacích svalů?
7. Proč je kortisol esenciální?
8. Které hormony jsou produkovány dření nadledvin?
9. Kde se tvoří progesteron? Jakou má funkci?
10. Testosteron a jeho deriváty bývají často zneužívány jako anabolika ve sportu. Dovedete vysvětlit proč?
11. Jaké jsou funkce myelinové a Schwannovy pochvy?
12. Na jakém principu je založeno šíření nervových vzruchů?

13. Jak je zajištěno jednosměrné šíření nervových vzruchů?
14. Z čeho se zakládá v ontogenetickém vývoji nervová soustava člověka?
15. Vyjmenujte hlavní části centrální nervové soustavy.
16. Co je retikulární formace? Jakou má funkci?
17. Popište části jednoduchého reflexního oblouku.
18. Které dráhy se označují jako pyramidové?
19. Jaké funkce má mozeček?
20. Co je limbický systém?
21. Kde se nachází motorický okrsek řeči *(Brocovo centrum)*?
22. Jak se rozdělují obvodové nervy?
23. V čem se odlišují sympatické nervy od parasympatických?
24. Charakterizujte nepodmíněné reflexy.
25. Jak vznikají podmíněné reflexy?
26. Co se rozumí pod pojmem první a druhá signální soustava?
27. Při kterých procesech vzniká tělesné teplo?
28. Jakými způsoby se zbavuje tělo nadbytečného tepla?
29. Vysvětlete princip řízení stálé tělesné teploty u člověka.
30. V čem spočívá význam obranné hypertermie?
31. Ze kterých částí se skládá čidlo?
32. Které části tvoří optickou soustavu oka?
33. Popište sítnici a její funkci.
34. Které jsou přídatné orgány oka?
35. Jakou funkci mají sluchové kůstky?
36. Vysvětlete princip vnímání zvuků.
37. Kde se nachází ústrojí rovnovážné *(statokinetické)*?
38. Které základní chuťové pocity rozlišují chuťové buňky?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

39. Aby mohla cílová buňka reagovat na určitý hormon, musí obsahovat pro tento hormon ……
40. Nejvyšší postavení v komplexu hypotalamohypofyzárním mají ……
41. Jedna skupina neurosekrečních buněk hypotalamu produkuje hormony, které stimulují nebo inhibují tvorbu ……, druhá skupina neurosekrečních buněk produkuje neurohypofyzární hormony, mezi něž patří ……
42. Štítná žláza produkuje hormony …… a ……
43. Vysvětlete na schématu zakreslenou regulaci tvorby tyroxinu na základě zpětné vazby:



44. Zvýší-li se hladina glukózy v krevní plazmě, zvýší se produkce ..... v buňkách Langerhansových ostrůvků a současně poklesne produkce …… a naopak.
45. Kortisol se zúčastňuje řízení přeměny …… Zvyšuje celkovou pohotovost organismu při ……

46. Progesteron působí na ……, brání zrání …… a působí na buňky mléčných žláz.
47. Plodové lůžko *(placenta)* vytváří během těhotenství hormon ……, který působí na …… a udržuje ho v činnosti.
48. Převod vzruchu z receptoru nervovou dráhou na efektor se označuje jako ……
49. Biomembrána neuronu odděluje dvě prostředí s rozdílným elektrickým nábojem. Převaha záporných iontů uvnitř buněk na nich vytváří …… *(cca 0,1 V).*
50. Přenos vzruchu z jednoho neuronu do druhého se uskutečňuje prostřednictvím …… Jakmile vzruch dospěje na zakončení neuritu, dojde k vylití …… do synaptické štěrbiny, a tím k podráždění biomembrány sousedního neuronu.
51. Mozkový kmen tvoří …… a představuje nejstarší část mozku, kde jsou uložena centra všech životně důležitých funkcí. Kmenem se táhne …… jako pruh síťově uspořádaných neuronů, sloužících jako převodní soustava do vyšších částí mozku.
52. Obal pro mozek tvoří …… Pod ní jsou dvě měkké pleny …… a …… Štěrbiny mezi oběma měkkými plenami jsou vyplněny ……
53. Hlavními motorickými dráhami jsou ……, začínající z velkých pyramidových buněk šedé kůry mozkové. Na hranici prodloužené míchy a míchy páteřní se jejich vlákna ……
54. Mozeček je reflexním ústředím pro ……
55. Na povrchu koncového mozku je …… tvořený ……, rozčleněný hlubokými brázdami v ……
56. Struktury okolo III. mozkové komory – mezimozek a nejstarší útvary pláště zatlačené na vnitřní stranu hemisfér tvoří …… Jeho prostřednictvím se uskutečňuje instinktivní chování.
57. Obvodové *(periferní)* nervy spojují oběma směry …… s orgány a tkáněmi celého těla. Dělí se na ……
58. Nervy sympatické vystupují z míchy …… spolu s míšními nervy. Po společném průběhu odbočují a končí v …… Z buněk v uzlinách začínají nervová vlákna inervující příslušné orgány.
59. Působení sympatiku a parasympatiku je …… a každý vnitřní orgán je inervován ……, čímž se činnost orgánů udržuje v rovnováze.
60. Zakončení sympatických vláken produkuje jako mediátor ……, ze zakončení parasympatiku je uvolňován ……
61. Centra nepodmíněných reflexů jsou v šedé hmotě všech částí CNS s výjimkou ……
62. Člověk rozlišuje nejen zvuk slova, ale i jeho …… Podnětem druhé signální soustavy je tedy ……
63. Teplo se vytváří v těle při chemických přeměnách především v ……
64. Řízení tělesné teploty se uskutečňuje prostřednictvím termoregulačního ústředí v ……
65. Smyslovými buňkami sítnice jsou …… Tyčinky umožňují vidění za šera. Obsahují oční purpur ……, který se světlem rozkládá a ve tmě opět obnovuje. Tři duhy čípků rozlišují tři druhy barev: ……, jejichž různým kombinováním vznikají barevné vjemy.
66. Člověk rozlišuje zvuky v rozmezí ……
67. Vlastním sluchovým ústrojem je ……
68. Statické čidlo má receptory uložené v ……, kinetické čidlo má receptory uložené v ……
69. Čichové buňky se nacházejí ……
70. Chemoreceptory ovlivňující dýchání se nacházejí v místech …… Jejich buňky jsou citlivé na ……

✓ *Test*

71. **Hormony nejsou produkovány:**
    a) tkáňovými buňkami trávicí trubice a buňkami trávicích žláz
    b) gliovými buňkami
    c) pozměněnými nervovými buňkami
    d) žlázami bez vývodu

72. **Zadní lalok hypofýzy *(neurohypofýza)*:**
    a) produkuje hormony ovlivňující činnost pohlavních žláz
    b) produkuje ADH, oxytocin a prolaktin
    c) shromažďuje hormony, produkované neurosekrečními buňkami hypotalamu
    d) produkuje hormony podílející se na řízení tělesné teploty

73. **Při nepřímém působení ovlivňuje hormon v cílové buňce:**
a) proteosyntézu
b) dělení jádra
c) propustnost biomembrány
d) buněčné dýchání

74. **Přední lalok hypofýzy *(adenohypofýza)* produkuje:**
a) prolaktin
b) ADH
c) liberin
d) kortisol

75. **U člověka s hypofunkcí předního laloku hypofýzy lze pozorovat příznaky s výjimkou:**
a) zpomalení metabolismu
b) pohlavní nezralost
c) zvýšení vylučování moči
d) sníženou aktivitu kůry nadledvinek

76. **Podá-li se injekcí malé množství extraktu zadního laloku hypofýzy pokusné osobě, lze u ní pozorovat:**
a) zvýšení pohlavní aktivity
b) zvýšení objemu vylučované moči
c) snížení objemu vylučované moči
d) zvýšení hladiny glukózy v krvi

77. **Které z uvedených tvrzení je pravdivé? Parathormon:**
1 – řídí metabolismus bílkovin
2 – působí zvýšení hladiny Ca^{2+} v krvi
3 – podporuje ukládání Ca^{2+} do kostní tkáně
4 – působí uvolňování Ca^{2+} z kostní tkáně
Správná tvrzení: a) 1, 2
b) 2, 4
c) pouze 3
d) 1, 4

78. **Šišinka je součástí:**
a) koncového mozku
b) Varolova mostu
c) středního mozku
d) mezimozku

79. **Která z uvedených žláz je součástí imunitního systému?**
a) štítná žláza
b) šišinka
c) nadledvinky
d) brzlík

80. **Anabolický účinek má:**
a) aldosteron
b) testosteron
c) progesteron
d) estrogen

81. **Která z uvedených žláz nemá významný podíl na udržování hladiny glukózy v krvi?**
a) hypotalamus
b) příštítná tělíska
c) kůra nadledvin
d) slinivka břišní

82. **Při repolarizaci probíhá z níže uvedených dějů:**
a) K^+ ionty pronikají přes biomembránu z neuronu
b) K^+ ionty pronikají přes biomembránu do neuronu
c) Na^+ ionty pronikají přes biomembránu z neuronu
d) Na^+ ionty pronikají přes biomembránu do neuronu

83. **Na udržování stálé hladiny minerálních látek v plazmě se podílejí:**
1 – aldosteron
2 – glukagon
3 – glukokortikoidy
4 – parathormon
Platí: a) 1, 2
b) 3, 4
c) 1, 2, 3
d) 1, 4

84. **V prodloužené míše se nacházejí centra pro:**
a) vegetativní funkce
b) zrakový nerv
c) sluchový nerv
d) čichový nerv

85. **Mozeček přijímá informace:**
1 – statokinetického receptoru
2 – trávicí soustavy
3 – cévní soustavy
4 – svalů, šlach a kožních mechanoreceptorů
Platí: a) 2, 4
b) 1, 3
c) 1, 4
d) 2, 3

86. **Retikulární formace je síť nervových buněk nacházejících se v:**
a) kůře
b) mozkovém kmeni
c) mozečku
d) čichovém mozku

87. **Při zátěžových *(stresových)* situacích se uplatňují především hormony:**
a) nadledvin
b) štítné žlázy
c) slinivky břišní
d) neurohypofýzy

88. **Vegetativní nervy ovlivňují všechny děje s výjimkou:**
a) pohybů prstů při psaní
b) vylučování hormonů endokrinními žlázami
c) zrychlení srdeční činnosti
d) zužování a rozšiřování průsvitu krevních cév

89. **Retikulární formace:**
1 – udržuje kůru ve stavu bdělosti
2 – působí na kůru prostřednictvím vzestupných míšních drah
3 – řídí komplexní instinktivní chování
4 – významně se podílí na řízení tělesné teploty
Platí: a) 1, 2, 3, 4
b) pouze 1, 4
c) pouze 1, 2
d) pouze 2, 3

90. **Nejjednodušším prvkem vyšší nervové činnosti je:**
a) nepodmíněný reflex
b) instinktivní chování
c) podmíněný reflex
d) emoce

91. **Ústředí kožního čití se nachází v kůře:**
a) týlního laloku
b) spánkového laloku
c) temenního laloku
d) čelního laloku

92. **Podráždění osinkových buněk Cortiho orgánu je vedeno do kůry:**
a) spánkového laloku
b) čelního laloku
c) temenního laloku
d) týlního laloku

93. **Proprioreceptory předávají informace ke zpracování do kůry:**
a) čelního laloku
b) temenního laloku
c) spánkového laloku
d) týlního laloku

94. **Příkladem nepodmíněného reflexu je:**
a) jízda na kole
b) automatické zastavení pohybu na červenou
c) kašel v zakouřené místnosti
d) pláč dítěte v ordinaci zubního lékaře

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
94. Látkové řízení je uskutečňováno pouze hormony žláz s vnitřní sekrecí.	○	❑
95. Kalcitonin svým účinkem zvyšuje hladinu Ca^{2+} v krvi.	○	❑
96. Glukagon je antagonistou insulinu.	○	❑
97. Androgeny a estrogeny jsou produkovány kůrou nadledvin.	○	❑
98. Postranní provazce míšní obsahují dráhy vzestupné i sestupné.	○	❑
99. Obvodové nervy se rozdělují na mozkomíšní a vegetativní.	○	❑
100. Nervy parasympatické vystupují z míchy krční, hrudní a bederní.	○	❑
101. Nadbytečného tepla se tělo zbavuje nejvíce odpařováním potu.	○	❑
102. Vitamin A je součástí očního purpuru.	○	❑
103. Sluchové kůstky vyztužují stěny vnitřního ucha.	○	❑
104. Dutina vnitřního ucha je vyplněna endolymfou.	○	❑
105. Reflexní dýchací centrum se nachází v prodloužené míše.	○	❑

Praktická cvičení

38. Anatomie regulační soustavy

A. ŽLÁZY S VNITŘNÍ SEKRECÍ

✓ *Teorie*

Jsou to orgány, jejichž buňky produkují specifické látky – hormony, které uvolňují do krve. Hormony působí na cílové tkáně a orgány, ovlivňují metabolické pochody, jsou jedním ze základních zprostředkovatelů humorální regulace, která zabezpečuje homeostázu. Typickým znakem všech žláz s vnitřní sekrecí je absence žlázových vývodů.

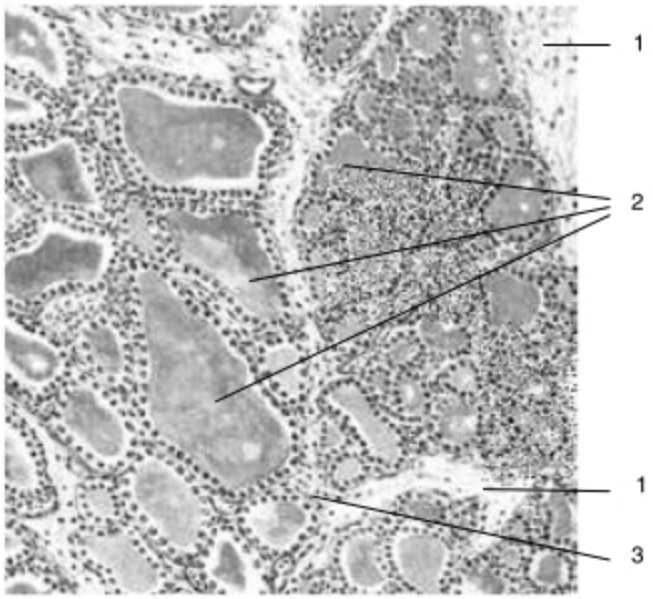
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Řez štítnou žlázou
2. Řez nadledvinou

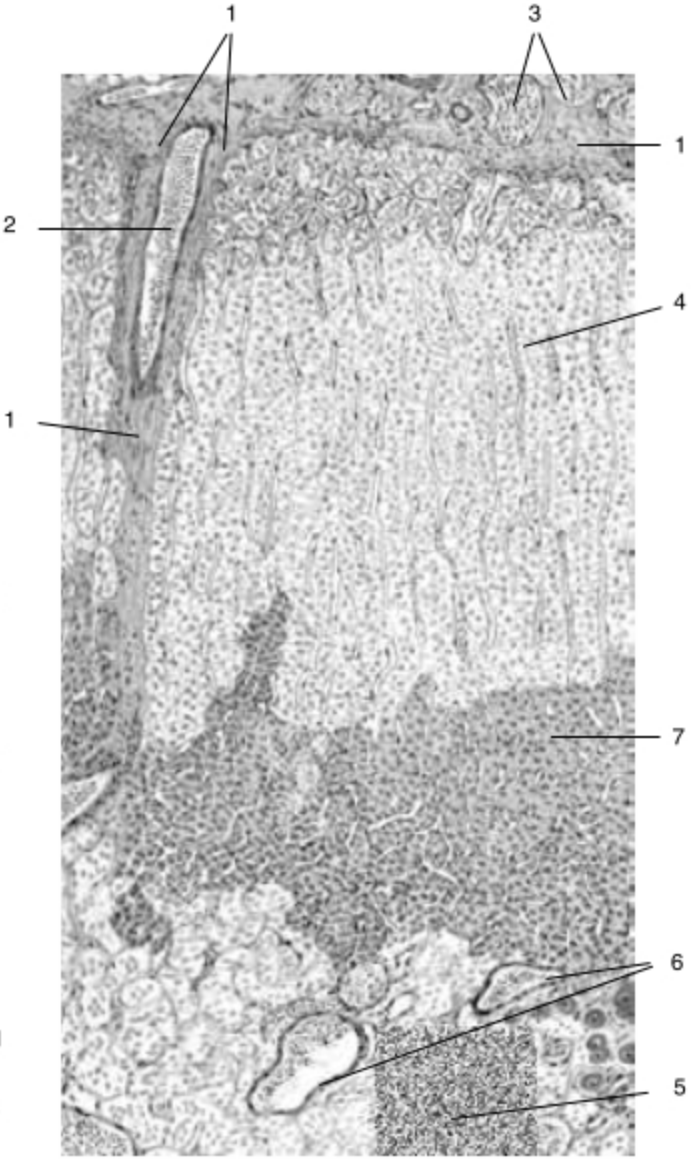
Potřeby k mikroskopování.

1. **Štítná žláza.** Pozorujeme:
   – vazivové pouzdro z kolagenního vaziva s krevními a mízními cévami a nervy;
   – vazivové přepážky rozdělující žlázu na neúplné lalůčky;
   – lalůčky skládají se z folikulů vystlaných jednovrstevným epitelem;
   – dutiny folikulů vyplňuje koloid.

2. **Nadledviny.** Pozorujeme:
   – vazivové pouzdro;
   – parenchym rozčleněný na kůru a dřeň.



Řez štítnou žlázou *(100×)*
1 – vazivová přepážka, 2 – váčky *(folikuly)*, 3 – folikulární buňky



Řez nadledvinou *(200×)*
1 – vazivo s cévami a nervy, 2 – céva, 3 – nerv, 4 – buňky korové vrstvy, 5 – buňky dřeňové vrstvy, 6 – céva, 7 – pigmentové buňky retikulární vrstvy

B. NERVOVÁ SOUSTAVA

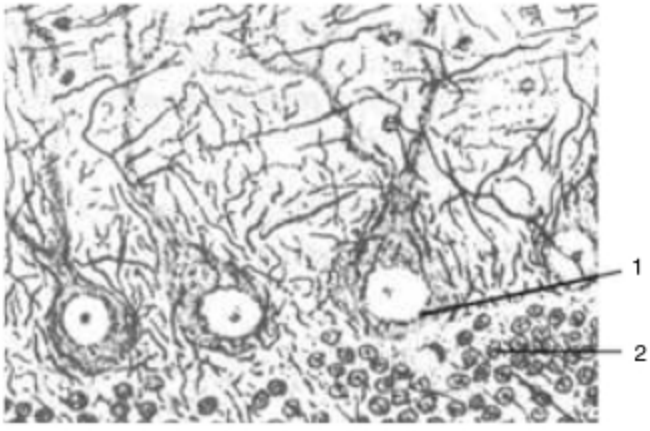
Je u člověka rozlišena na **centrální nervovou soustavu** *(CNS)*, kterou tvoří mícha páteřní a mozek, a na **obvodové** *(periferní)* **nervy**. Změny vnějšího nebo vnitřního prostředí – **podněty** – zaznamenávají specializované orgány – **receptory**, které převádějí tyto změny na **vzruchy** *(impulzy)*. Ty jsou přiváděny do CNS a z něho na výkonné orgány – **efektory**. Převod vzruchu z receptoru nervovou dráhou na efektor se označuje jako **reflex**.

✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Řez míchou
2. Řez mozečkem

Potřeby k mikroskopování.

1. **Mícha.** Pozorujeme:
   – tenkou vazivovou blánu s četnými krevními cévami;
   – bílou míšní hmotu, v každé polovině rozdělenou ve 3 provazce;
   – šedou hmotu v podobě písmene H, středem jehož příčky probíhá míšní kanálek: zadní rohy míšní jsou tenké a dosahují téměř k povrchu míchy.
2. **Mozeček.** Pozorujeme:
   – část korovu s velkými Purkyňovými buňkami;
   – bílou hmotu.



Řez mozečkem *(450×)*
1 – Purkyňova buňka, 2 – granulózní vrstva

39. Smyslové orgány

✓ *Teorie*

Poskytují centrální nervové soustavě informace o vnějším a vnitřním prostředí.

A. ZKOUŠKY SLUCHU

✓ *Pomůcky*

Ladičky na 440 kmitů, stopky, kladívko.

1. Rinneho zkouška

✓ *Teorie*

Zdravé ucho slyší déle zvuk vedený vzduchem než kostí. Při vadném bubínku nebo zvukovodu je tomu naopak.

✓ *Postup*

Ladičku rozezvučte úderem kladívka. Opřete ji o bradavkový výběžek spánkové kosti vyšetřované osoby. Ta pokynem ruky dá znamení, kdy přestala slyšet zvuk ladičky. V tu chvíli spusťte stopky a přeneste ladičku před ucho vyšetřované osoby tak, aby obě ramena ladičky byla od ucha vzdálena stejně daleko. Vyšetřovaná osoba dá znamení, kdy přestane slyšet zvuk.

2. Weberův pokus

✓ *Teorie*

Člověk s normálním sluchem slyší ladičku na lebeční klenbě oběma ušima stejně silně. Při poruchách středního ucha nebo při ucpaném zvukovodu slyšíme zvuk silněji na straně ucpaného ucha nebo poruchy. Lze tak rozlišit, zda vada sluchu je podmíněna vadou ucha, nebo je nervového původu.

✓ *Postup*

Ladičku rozezvučte úderem kladívka a postavte ji na střed lebeční klenby vyšetřované osoby. Osoba dá najevo, ve kterém uchu slyší silněji. Totéž proveďte ještě dvakrát. Jednou si osoba zacpe prstem pravé ucho, podruhé levé. Znovu se zeptejte, ve kterém uchu slyší silněji.

B. ZKOUŠKA KOŽNÍ CITLIVOSTI

✓ *Pomůcky*

Esteziometr *(nebo odpichovátko)*, milimetrové měřítko.

✓ *Postup*

Vyšetřovaná osoba si zaváže oči. Při vyšetřování hlásí, zda cítí jeden nebo dva doteky.
Ramena esteziometru rozevřete na vzdálenost 2 cm a dotkněte se jimi současně dlaně vyšetřované osoby. Ramena esteziometru postupně přibližujte k sobě a dotýkejte se jimi přibližně na stejném místě. Nakonec zaznamenejte vzdálenost hrotů, při které osoba cítila jeden dotek. V průběhu měření se občas dotkněte skutečně jen jedním hrotem. Pokus opakujte na různých místech těla *(např. na hřbetě ruky, bříšku prstů, na předloktí, krku apod.)*. Vyšetřovaná místa a rozeznání vzdálenosti dvou bodů zaznamenejte do tabulky.

C. ZKOUŠKA ZRAKU

3. Důkaz slepé skvrny

✓ *Teorie*

Slepá skvrna je místo, kterým prochází zrakový nerv.

✓ *Pomůcky*

Mariottovy obrázky.

✓ *Postup*

Mariottův obrázek držte nataženou paží před očima. Zavřete levé oko a pravým hleďte upřeně na trojúhelník. Obrázek přibližujte pomalu k oku až na vzdálenost 10 cm a opět ho vzdalujte. Stejný postup zopakujte i s druhým okem.

✓ *Pozorování*

Při přibližování a vzdalování obrázku zmizí pokaždé při vzdálenosti cca 20 až 25 cm nejdříve kruh a potom i čtverec. Jinak vidíme kruh i čtverec současně.

Při stejné vzdálenosti druhého Mariottova obrázku od oka není vidět mezera – černý pruh se nám jeví jako nepřerušený.

✓ *Závěr*

Při vzdálenosti asi 25 cm padne obrázek kruhu právě na místo, kde ústí zrakový nerv do sítnice.
Totéž platí o čtverci a mezeře v černém pruhu při vzdálenosti asi 20 cm.

Mariottovy obrázky

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

39. receptor
40. neurosekreční buňky
41. adenohypofyzárních hormonů – ADH a oxytocin
42. tyroxin – kalcitonin
43. snížení koncentrace TYROXINU v krvi vyvolá uvolnění LIBERINU z hypotalamu, který stimuluje adenohypofýzu ke tvorbě TSH. Ten ovlivní produkci TYROXINU štítnou žlázou. Zvýší se koncentrace TYROXINU v krvi. Tyroxin stimuluje oxidační procesy v cílových buňkách. Jeho vyšší koncentrace však současně působí tlumivě na činnost hypotalamu a adenohypofýzy.
44. insulinu – glukagonu
45. všech živin – zátěžových situacích
46. sliznici děložní – Graafových folikulů
47. choriongonadotropin – žluté tělísko
48. reflex
49. klidový potenciál
50. zápojů *(synapsí)* – mediátoru
51. prodloužená mícha, most Varolův, střední mozek – retikulární formace
52. tvrdá plena – bezcévná pavučnice – cévnatá omozečnice – mozkomíšním mokem
53. pyramidové dráhy – kříží
54. koordinaci pohybů a udržování rovnováhy
55. plášť *(pallium)* – šedou hmotou – laloky
56. limbický systém
57. centrální nervovou soustavu – nervy mozkomíšní a vegetativní
58. krční, hrudní a bederní – vegetativních uzlinách *(gangliích)*
59. protichůdné – z obou zdrojů
60. směs noradrenalinu a adrenalinu – acetylcholin
61. kůry koncového mozku
62. obsah – slovo
63. kosterním svalstvu a v játrech
64. hypotalamu
65. tyčinky a čípky – rhodopsin – červenou, modrou a zelenou
66. 16 až 20 000 Hz
67. Cortiho orgán
68. kulovitém a vejčitém váčku – ampulách polokruhovitých chodeb
69. na čichovém políčku horní části nosní přepážky a stropu nosní dutiny
70. kde se společná krkavice větví na vnitřní a vnější větev – obsah CO_2 a O_2 v krvi a na pH krve

Výsledky testu:

71b; 72c; 73c; 74a; 75c; 76c; 77b; 78d; 79d; 80b; 81b; 82a; 83d; 84a; 85c; 86b; 87a; 88a; 89c; 90c; 91c; 92a; 93b; 94c

Správná tvrzení:

94 ne; 95 ne; 96 ano; 97 ano; 98 ano; 99 ano; 100 ne; 101 ne; 102 ano; 103 ne; 104 ne; 105 ano

SOUSTAVY ROZMNOŽOVACÍ, INDIVIDUÁLNÍ VÝVOJ ČLOVĚKA

(str 291–297, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

gametogeneze	ovulační cyklus	fetální oběh krevní
spermiogeneze	embryo	šestinedělí
oogeneze	plod	
žluté tělísko	placenta	

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Jaké funkce zajišťuje pohlavní soustava muže?
2. Kde se uskutečňuje spermiogeneze?
3. Popište stručně spermiogenezi.
4. Popište anatomii pohlavní soustavy muže.
5. Jaké funkce zajišťuje pohlavní soustava ženy?
6. Kde se uskutečňuje oogeneze?
7. Popište oogenezi.
8. Ze kterých fází sestává menstruační cyklus?
9. Popište anatomii pohlavní soustavy ženy.
10. Kde dochází k oplození vajíčka?
11. Popište stručně embryonální vývoj člověka.
12. Jaké funkce plní placenta?
13. V čem se odlišuje krevní oběh plodu od oběhu novorozence?
14. Uveďte hlavní fáze porodu.
15. Charakterizujte stručně vývojová období člověka po narození.
16. Které činnosti mají zásadní význam pro zdraví člověka?
17. Které činnosti zdraví člověka poškozují?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

18. Ontogeneticky se pohlavní soustavy zakládají z ……
19. Tvorba spermií se nazývá ……, začíná v …… a trvá do individuálně různě vysokého věku.
20. Zrání spermií trvá asi …… a vyžaduje teplotu ……, proto jsou varlata sestouplá v šourku.
21. Žlázy prostaty produkují sekret, který svou …… neutralizuje kyselou reakci v močové trubici a v …… a zvyšuje tak životnost a pohyblivost spermií.
22. V 1 ml ejakulátu je asi ……
23. Topořivá tělesa v pyji mají vazivový obal s vazivovou trámčinou uvnitř a v ní ……, jejichž prokrvení umožňuje ……
24. Tvorba vajíček se nazývá ……
25. Zrání vajíček začíná od …… a během plodného období ženy jich uzraje asi ……
26. Graafův folikul je vyplněn tekutinou obsahující ženský pohlavní hormon ……
27. Prasknutím folikulu po vyplavení vajíčka se dutina rychle vyplňuje …… a vzniká útvar nazývaný ……
28. Sliznice děložní *(endometrium)* prodělává …… spojené s ovulačním cyklem.
29. Ischemická fáze menstruačního cyklu je vyvolána …… a uvolněním oxytocinu z ……, který způsobí několikahodinové stažení cév zásobujících sliznici děložní krví. Nedostatečně prokrvená …… se rozpadá a po povolení stahu cév je krví ……
30. Největší pravděpodobnost oplození je mezi …… menstruačního cyklu.

31. K oplození vajíčka dochází v ……
32. Na konci 2. měsíce těhotenství měří zárodek asi …… a jsou vytvořeny …… Nabývá typicky lidských tvarů a od této chvíle se ……
33. Krevní oběh plodu zůstává stěnami klků zcela …… Výměna látek mezi krví plodu a matky se uskutečňuje ……
34. Existuje řada látek a léků, které mohou při požití matkou v těhotenství placentou …… a embryo či plod ……
35. U plodu jsou obě předsíně spojeny …… a také plicní tepna je …… s aortou.
36. Těhotenství je ukončeno porodem. Ten začíná …… a odtokem plodové vody. Plod je z dělohy vytlačen stahy ……
37. Novorozenecké období začíná narozením a trvá zhruba ……

✓ *Test*

38. **Normální vývoj lidského jedince v děloze trvá:**
    a) 250 dní
    b) 270 dní
    c) 290 dní
    d) 300 dní

39. **Vyberte správné pořadí orgánů podílejících se na konečné produkci progesteronu:**
    a) hypotalamus – neurohypofýza – vaječník
    b) adenohypofýza – kůra nadledvinek – děloha
    c) hypotalamus – adenohypofýza – vaječník
    d) hypotalamus – děloha – vaječník

40. **V průběhu menstruačního cyklu je nejvyšší hladina progesteronu v krvi:**
    a) v době ovulace
    b) v době zrání Graafova folikulu
    c) v ischemické fázi
    d) v sekreční fázi

41. *(Pokud nedovedete vybrat správnou odpověď, doplňte si informace vlastním zjištěním o metodách a principech antikoncepce.)*
    Který z uvedených způsobů antikoncepce nebrání oplození vajíčka?
    a) spermicidní želé
    b) kondom
    c) nitroděložní tělísko
    d) hormonální antikoncepce

42. **Testosteron je produkován:**
    a) vazivovými buňkami varlat
    b) Sertoliho buňkami v semenotvorných kanálcích
    c) žlázou předstojnou
    d) měchýřkovitými žlázkami

43. **FSH svým účinkem:**
    a) stimuluje růst žlutého tělíska u žen a produkci spermií u mužů
    b) stimuluje vývoj folikulů ve vaječníku a produkci spermií ve varlatech
    c) stimuluje stahy děložního svalstva při porodu
    d) stimuluje zánik žlutého tělíska

44. **Oocyty I. řádu:**
    1 – jsou haploidní
    2 – jsou diploidní
    3 – se vytvářejí většinou jen v období nitroděložního vývoje jedince
    4 – se vytvářejí po celé plodné období ženy
    Správná tvrzení: a) 1, 3
    b) 2, 4
    c) 2, 3
    d) 1, 4

45. **Spermiogeneze je řízena:**
    a) FSH
    b) ACTH
    c) gestageny
    d) estrogeny

46. **Placenta:**
    1 – produkuje hormony
    2 – vyměňuje dýchací plyny
    3 – vyměňuje opotřebované červené krvinky plodu za nové z krve matky
    4 – zprostředkuje výměnu látek mezi krví plodu a matky
    Správná tvrzení: a) pouze 3, 4
    b) 2, 3, 4
    c) 1, 2, 4
    d) 1, 2, 3

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
47. Zralé spermie se shromažďují v nadvarleti.	○	❑
48. Krček spermie obsahuje dělicí tělísko *(centriol).*	○	❑
49. Spermatidy vyzrávají v Leydigových buňkách.	○	❑
50. Spermatocyty I. řádu jsou haploidní.	○	❑
51. Estradiol svým účinkem brání zrání folikulů.	○	❑
52. Lidské vajíčko obsahuje málo žloutku.	○	❑
53. Z trofoblastu vzniká v dalším vývoji chorion.	○	❑
54. Plod je zásoben okysličenou krví pupeční žílou.	○	❑

Praktická cvičení

40. Rozmnožovací soustava

✓ *Teorie*

Slouží k zachování existence druhu. Je místem, kde se vytvářejí pohlavní buňky. Pohlavní žlázy produkují pohlavní hormony podmiňující sekundární pohlavní znaky.

A. HISTOLOGICKÉ PREPARÁTY

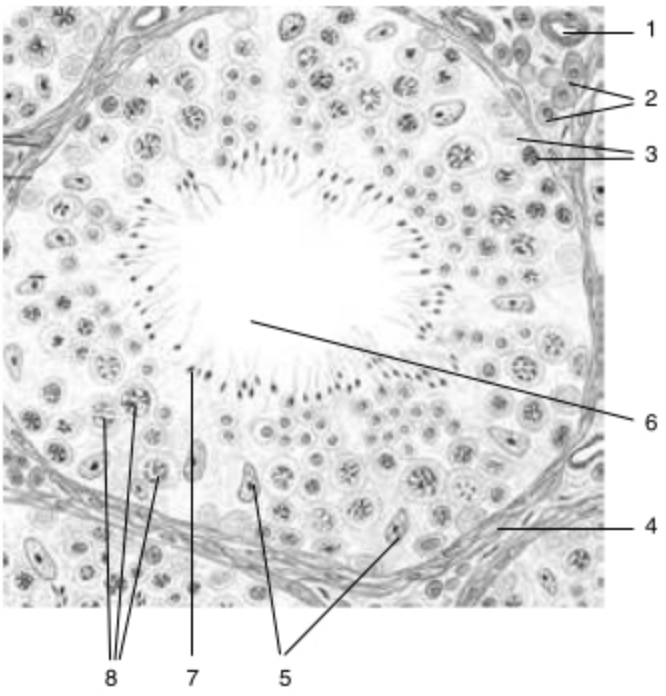
✓ *Materiál a pomůcky*

Trvalé preparáty: 1. Řez varletem
2. Řez vaječníkem

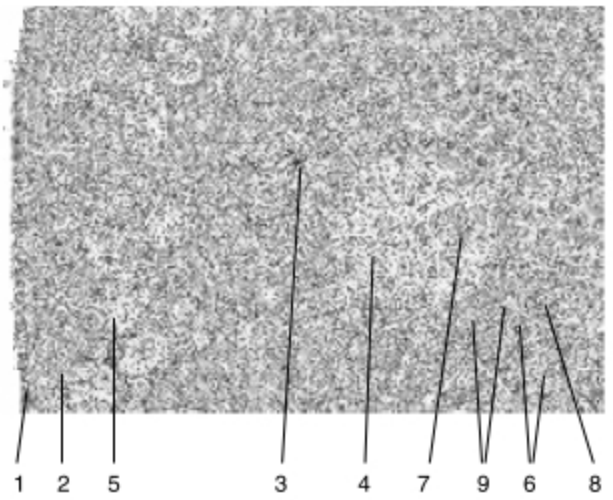
Potřeby k mikroskopování.

1. **Varle.** Pozorujeme:
   – vazivovou blánu na povrchu;
   – semenotvorné kanálky;
   – řídké kolagenní vazivo mezi semenotvornými kanálky s krevními a lymfatickými cévami a nervy;
   – vmezeřené Leydigovy buňky;
   – uvnitř semenotvorného kanálku spermatogonie, Sertoliho buňky, spermatocyty a zrající spermie.
2. **Vaječník.** Pozorujeme:
   – zárodečný epitel;
   – vazivovou tkáň;
   – oocyty;
   – folikuly.

Řez varletem *(100×)*
1 – semenotvorné kanálky, 2 – vazivo,
3 – vmezeřené *(Leydigovy)* buňky, 4 – cévy



Řez semenotvorným kanálkem *(450×)*
1 – krevní céva, 2 – Leydigovy buňky, 3 – spermatogonie,
4 – membrána, 5 – Sertoliho buňky, 6 – semenotvorný kanálek,
7 – zrající spermie, 8 – spermatocyty



Řez vaječníkem *(450×)*
1 – zárodečný epitel, 2 – vazivová tkáň,
3 – mitóza granulózní buňky, 4 – rostoucí folikul,
5 – primární oocyt, 6 – granulózní buňky,
7 – jádro primárního oocytu,
8 – nebuněčná glykoproteinová vrstva, 9 – corona radiata

B. POHLAVNÍ CHROMATIN

✓ *Teorie*

Pohlavní diromatin *(X-chromatin, Barrovo tělísko)* se vyskytuje v interfázových jádrech ženského organismu. U savců samičího pohlaví je jeden z X gonozomů i v interfázi spiralizován *(pozdně se replikující X-gonozom).* Zůstává kondenzovaný a je dobře barvitelný. Má tvar čočky a nachází se při jaderné membráně. U žen se prokazuje v 25–60 % buněčných jader, u mužů v 1–3 %.
Prokazuje se nejlépe v buňkách sliznice ústní.

✓ *Materiál a pomůcky*

Odmaštěná podložní sklíčka, kapátko, 96% ethanol, barvivo acetoorcein *(1 g orceinu rozpusťte za horka, ale ne za varu ve 45 ml led. kyseliny octové. Po ochlazení přidejte 55 ml dest. vody a zfiltrujte)*, potřeby k mikroskopování.

✓ *Postup*

Několika doušky si vypláchněte ústa. Kratší hranou podložního sklíčka velmi opatrně setřete sliznici na vnitřní straně tváře. První stěr setřete vatou a teprve z druhého stěru zhotovte nátěr. Nátěr nesmí zaschnout! Nakápněte na něj 96% ethanol *(fixace)* a nechte volně odpařit. Na ještě mírně vlhký nátěr nakápněte několik kapek barviva a přikryjte krycím sklem. Nadbytečné barvivo odsajte kouskem filtračního papíru. Pozorujte při větším zvětšení.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

18. mezodermu
19. spermiogeneze – období dospívání *(pubertě)*
20. 74 dní – asi 32 °C
21. alkalickou reakcí – pochvě
22. 120 milionů spermií
23. síť žilních prostorů – erekci
24. oogeneze
25. puberty – asi 400
26. estradiol
27. množícími epitelovými buňkami – žluté tělísko
28. u dospělé ženy změny
29. prudkým poklesem hladiny progesteronu – neurohypofýzy – sliznice – odplavována
30. 12. až 16. dnem
31. horní části vejcovodu
32. 3 cm – základy všech orgánů – nazývá plod *(fétus)*
33. oddělen od krve matky – difuzí
34. proniknout – poškodit
35. oválným otvorem – spojena
36. puknutím plodových obalů – děložního svalstva, bránice a břišního svalstva
37. do zhojení pupečníkové jizvy

Výsledky testu:

38b; 39c; 40d; 41c; 42a; 43b; 44c; 45a; 46c

Správná tvrzení:

47 ano; 48 ano; 49 ne; 50 ne; 51 ne; 52 ano; 53 ano; 54 ano

OBECNÁ GENETIKA

(str. 298–313, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

dědičnost	chromozom	monogenní znak
proměnlivost	chroamtida	polygenní znak
klon	centromera	modifikace
potomstvo	lokus	dědivost
křížení *(hybridizace)*	rekombinace alel	plazmon
alela	segregace alel	mutace
gen	fenotyp	polyploidie
nukleové kyseliny	genotyp	aneuploidie
nukleotid	znak	chromozomové aberace
replikace DNA	alela dominantní	autogamie
kodon	alela recesivní	panmixie
gen strukturní	monohybridní křížení	genofond populace
gen regulátorový	dihybridní křížení	inbreeding
genom	zpětné křížení	selekce
exprese genu	homozygot	selekční tlak
transkripce	heterozygot	genetický posun
translace	vazba genů	plemeno *(rasa)*
antikodon	chromozomová mapa	varieta
nukleoid	heterochromozom *(gonozom)*	ekotyp
plazmid	autozom	karyotyp
operon	znak pohlavně vázaný	dispozice dědičná
represor	znak pohlavně ovlivněný	eufenický zásah

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Co jsou klony?
2. Co je potomstvo?
3. Definujte dědičnost. Co je hmotným základem dědičnosti?
4. Které látky jsou stavebními jednotkami nukleových kyselin?
5. Popište strukturu DNA.
6. Čím se odlišuje struktura molekul RNA od DNA?
7. Definujte gen.
8. Co je podstatou genetického kódu?
9. Které typy genů se rozlišují?
10. Co je genotyp?
11. Co je fenotyp organismu?
12. Jaký je rozdíl mezi transkripcí a translací?
13. V čem se zásadně odlišuje genetika prokaryotické buňky od genetiky eukaryotické buňky?
14. Co jsou plazmidy?
15. Při gametogenezi dochází k segregaci a rekombinaci alel. Vysvětlete oba pojmy.
16. Které znaky tvoří fenotyp organismu?
17. Vysvětlete na vhodně zvoleném příkladu monohybridní křížení s úplnou dominancí.

18. Vysvětlete na vhodně zvoleném příkladu monohybridní křížení s neúplnou dominancí.
19. Proč se provádí zpětné křížení?
20. Kdy neplatí Mendelův zákon o volné kombinovatelnosti?
21. Co víte o dědičnosti pohlaví?
22. Jaký je rozdíl mezi znakem pohlavně vázaným a znakem pohlavně ovlivněným?
23. Co jsou geny malého účinku?
24. Kde se mohou nacházet geny podmiňující mimojadernou dědičnost?
25. Co jsou genové mutace a co je jejich příčinou?
26. Charakterizujte chromozomové aberace.
27. Jaké typy genomových mutací se rozlišují?
28. Co jsou spontánní a co indukované mutace?
29. Vysvětlete pojem selekční tlak.
30. Jakými metodami se zkoumá dědičnost člověka?
31. Co jsou dědičné dispozice?
32. Uveďte příklady dědičných chorob.

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

33. Generace vzniklé nepohlavním rozmnožováním se nazývají ……, generace vzniklé pohlavním rozmnožováním se označují jako ……
34. Nositelkami genetické informace jsou ……
35. Základem genetického kódování je …… bází.
36. Významnou vlastností molekuly DNA je její schopnost ……
37. Genetický kód představuje uložení informace v ……
38. V každé buňce je většina informací uložena v chromozomech jádra jako …… a jen menší část genů je uložena mimo jádro v ……
39. U eukaryotické DNA je gen rozdělen do …… navzájem oddělených ……
40. Nukleoid prokaryotické buňky je tvořen …… Označuje se také jako chromozom, ačkoliv na rozdíl od chromozomu eukaryotické buňky má …… a …… se nedělí.
41. Protože chromozom prokaryotické buňky je jen jeden, je každý gen tvořen …… V přesně vymezených místech v řadě za sebou na něm leží jednotlivé ……
42. V cytoplazmě bakteriálních buněk se nacházejí menší kruhovité molekuly DNA neboli ……, existující ve ……, nesoucí obvykle pouze …… Mohou se začleňovat do …… a stejně snadno se z něho vyčleňovat. Některé lze snadno přenášet do ……
43. Jaderný genom eukaryotické buňky je …… chromozomů. Na jejich stavbě se podílejí kromě DNA také ……
44. V jádře tělové buňky jsou dvojice *(páry)* …… chromozomů, mající stejnou velikost a tvar a nesoucí stejné …… Jeden pochází ze …… gamety, druhý ze ……
45. Podstatou gametogeneze je …… Při něm dochází k rozchodu …… do vznikajících …… Tento rozchod chromozomů *(alel)* se nazývá ……
46. Při meióze dochází také k procesu ……, při němž si homologické chromozomy vyměňují …… Tímto pochodem se uskutečňuje …… vloh.
47. Z rodičů se na potomstvo nepřenášejí ……, ale jen jejich molekulární předpoklady neboli ……
48. Zpětné křížení je křížení ……
49. Volně kombinovatelné geny jsou ty, které ……
50. Jsou-li geny neseny jedním a týmž párem homologických chromozomů, pak jsou ……
51. Geny umístěné v homologických částech gonozomů podmiňují znaky označované jako …… Geny umístěné v heterologických částech gonozomů se označují jako ……
52. Geny znaků pohlavně ovlivněných se nacházejí v …… a jejich projev se může uskutečnit jen v ……
53. Dědivost *(heritabilita)* udává vzájemný poměr mezi …… složkou proměnlivosti kvantitativního znaku.
54. Genové mutace zasahují a mění ……

55. Chromozomové mutace *(aberace)* mění ……
56. Genomové mutace mění ……
57. Podle partnerských vztahů při oplození je v populacích možná řada přechodů mezi dvěma krajními typy: …… a náhodným párováním neboli ……
58. Populace téhož druhu lišící se svými genofondy označujeme jako ……, u rostlin ……

✓ *Test*

59. **Adenin se v nukleových kyselinách může párovat s:**
1 – guaninem
2 – tyminem
3 – cytosinem
4 – uracilem
Správná tvrzení: a) 3, 4
b) 2, 4
c) pouze 2
d) pouze 3

K otázkám 60 až 62.

Gen je tvořen následujícím pořadím *(sekvencí)* nukleotidů:

CCGACGTGACGGGATGGA

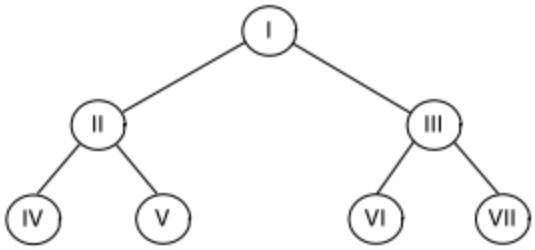
60. **Kolik aminokyselin je kódováno tímto genem v polypeptidickém řetězci?**
a) 3
b) 4
c) 5
d) 6

61. **Třetí kodon v molekule mRNA odvozený z genu je tvořen nukleotidy:**
a) AUA
b) ACU
c) UGA
d) GCG

62. **Antikodon tRNA pro druhý kodon v genu je tvořen nukleotidy:**
a) CGA
b) CAU
c) ACG
d) CUG

63. **Gen pro syntézu určité bílkoviny u bakterie je tvořen 900 nukleotidovými páry. Deficiencí se oddělil z této sekvence úsek o 60 nukleotidech. Tento mutovaný gen může kódovat bílkovinnou molekulu tvořenou přibližně:**
a) 200 aminokyselinami
b) 240 aminokyselinami
c) 280 aminokyselinami
d) 320 aminokyselinami

64. **Dceřiné buňky IV, V, VI a VII vznikly meiózou buňky I.**



Jestliže se neuskutečnil crossing-over, můžeme tvrdit, že geneticky identické jsou buňky označené:
a) II a III
b) I a IV
c) IV, V, VI, VII,
d) VI a VII

65. **Modrá barva očí je podmíněna recesivní alelou. Předpokládejme, že heterozygotní hnědooká žena se vdá za modrookého muže. Jaké procento jejich dětí bude modrookých?**
a) 25 %
b) 50 %
c) 75 %
d) 100 %

66. **Jestliže se ožení muž s kadeřavými vlasy se ženou s rovnými vlasy, jejich děti budou mít vlnité vlasy. Jaký poměr dětí s kadeřavými, rovnými a vlnitými vlasy můžeme očekávat u rodičů s vlnitými vlasy?**
a) 3 s kadeřavými : 1 s vlnitými
b) 3 s rovnými : 1 s kadeřavými
c) 1 s rovnými : 1 s kadeřavými : 2 s vlnitými
d) 1 s rovnými : 2 s kadeřavými : 1 s vlnitými

67. **Matka má krevní skupinu AB, otec krevní skupinu A. Které krevní skupiny se mohou vyskytovat u jejich dětí?**
a) skupiny A, B a AB
b) jen skupiny A a AB
c) jen skupiny A a B
d) skupiny A, B a 0

68. **Při dihybridním křížení *(dihybridismu)* s úplnou dominancí se vyskytují v F_2:**
a) 2 typy homozygotů
b) 4 typy homozygotů
c) 6 typů homozygotů
d) 8 typů homozygotů

69. **Jedinec Rh^+ je buď genotypu DD nebo Dd, jedinec Rh^- je genotypu dd. Alelické páry pro krevní skupinu AB0 jsou volně kombinovatelné. Jsou tři manželské páry s krevními skupinami:**
1. pár: AB Rh^- × 0 Rh^+
2. pár: B Rh^+ × AB Rh^-
3. pár: A Rh^- × B Rh^+

Který z párů jsou rodiče dítěte s krevní skupinou 0 Rh^-?
a) pár 1
b) pár 2
c) pár 3
d) žádný z uvedených párů

70. **U člověka je hnědá barva očí dominantní nad modrou a schopnost lépe vládnout pravou rukou je dominantní nad leváctvím. Modrooký pravák se oženil s hnědookou levačkou. Které z fenotypů se mohou vyskytovat u jejich dětí?**
1 – modroocí praváci
2 – modroocí leváci
3 – hnědoocí praváci
4 – hnědoocí leváci
Správná tvrzení: a) všechny fenotypy
b) jen 1, 3
c) jen 2, 4
d) jen 2, 3

71. **Daltonismus je podmíněn recesivní alelou. Dcera barvoslepého otce se provdala za muže, jehož otec byl daltonik. Žena i muž však daltonismem netrpí. Daltonismem bude postiženo:**
a) 50 % dcer a 50 % synů
b) 0 % dcer a 25 % synů
c) 25 % dcer a 25 % synů
d) 0 % dcer a 50 % synů

72. **Četnost crossing-overů mezi geny A a B je 40 %, mezi geny B a C 10 %, mezi geny C a D 20 % a mezi geny D a B 30 %. Jaké je pořadí *(sekvence)* těchto genů na chromozomu?**
a) ABCD
b) ADCB
c) ACDB
d) ABDC

73. **U morčat je černá barva srsti dominantní nad bílou. V populaci je 640 morčat s černou srstí a 360 s bílou srstí. Jakým procentem jsou v této populaci zastoupeni heterozygoti?**
a) 8 %
b) 16 %
c) 32 %
d) 48 %

74. **Pravorukost je dominantní nad levorukostí. Znak je řízen jediným párem alel. V uzavřené populaci čukotských eskymáků byly nalezeny 4 % jedinců lépe vládnoucích levou rukou. Jaké je procentové zastoupení heterozygotů v této populaci?**
a) 6 %
b) 16 %
c) 32 %
d) 54 %

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
74. Adenin se váže s guaninem třemi vodíkovými vazbami.	○	❑
75. Transkripce je přepis struktury DNA do primární struktury polypeptidu.	○	❑
76. Podstatou gametogeneze je redukční jaderné dělení.	○	❑
77. Rozchod chromozomů při meióze se nazývá replikace.	○	❑
78. Geny jsou volně kombinovatelné, jsou-li uloženy v různých párech homologických chromozomů.	○	❑
79. Geny umístěné v heterologických částech gonozomů podmiňují znaky neúplně na pohlaví vázané.	○	❑

	ano	ne
80. Gen nacházející se v heterologické části gonozomu Y podmiňuje dědičnost přímou.	❍	❑
81. Plešatost u člověka patří do skupiny genů pohlavně vázaných.	❍	❑
82. U kvantitativních znaků je fenotypový projev genů snadno ovlivnitelný podmínkami prostředí.	❍	❑
83. Soubor všech genů v jádře buňky označujeme jako její genotyp.	❍	❑
84. Deficience je typem chromozomové aberace.	❍	❑
85. Translokace je typem genomové mutace.	❍	❑
86. Soubor všech alel členů populace se označuje jako genofond populace.	❍	❑
87. Replikací rozumíme přenos genetické informace z DNA do mRNA.	❍	❑
88. Operon je skupina genů funkčně souvisejících se společnou regulací.	❍	❑
89. Vazbová skupina genů je tvořena geny jednoho chromozomového páru.	❍	❑
90. Genotypová variabilita je předpokladem přizpůsobení k měnícím se životním podmínkám.	❍	❑
91. Mimojaderné molekuly DNA nacházíme v Golgiho aparátu.	❍	❑
92. Čisté linie vznikají nejčastěji inbreedingem.	❍	❑
93. Hemofilie *(chorobná krvácivost)* se častěji vyskytuje u mužů.	❍	❑
94. Sňatky mezi příbuznými zvyšují pravděpodobnost výskytu narození recesivních homozygotů.	❍	❑
95. Eufenické zásahy mohou výrazně ovlivnit genotyp.	❍	❑
96. V jádře se syntetizují všechny typy RNA.	❍	❑
97. Vazbová skupina genů je soubor genů uložených na různých chromozomech, ale podmiňující stejný fenotypový znak.	❍	❑
98. Čisté linie tvoří jedinci se shodnými fenotypy, ale rozdílnými genotypy.	❍	❑
99. Soubor všech genů v buňce se označuje jako karyoptyp.	❍	❑
100. Polyploidie se přenáší do dalších generací.	❍	❑

Praktická cvičení

41. Genetická rovnováha a genový posun

A. GENETICKÁ ROVNOVÁHA

✓ *Teorie*

Podle Hardy-Weinbergova zákona je frekvence genotypů ve velké panmiktické populaci stálá. Čím je populace větší, tím více se její genetická struktura blíží rozdělení podle H-W zákona.

✓ *Pomůcky*

Větší lesklé a černé spínací knoflíky stejné velikosti.

Černý knoflík odpovídá gametě s dominantní alelou A.
Lesklý knoflík odpovídá gametě s recesivní alelou a.
Část knoflíku s výčnělkem = spermie.
Část knoflíku s jamkou = vajíčko.

Předpokládejme, že ve výchozí populaci jsou zastoupeni pouze dominantní homozygoti *(černé knoflíky)* s četností p^2 a recesivní homozygoti *(lesklé knoflíky)* s četností q^2 a žádní heterozygoti.

✓ *Postup*

1. 32 lesklých a 32 černých knoflíků rozepněte. Části s výčnělkem představují samčí gamety. Dejte je všechny *(lesklé i černé)* do krabičky; všechny části s jamkou, představující samičí gamety, dejte do jiné krabičky.
   Připravili jste si tak model gametového fondu populace.
2. Současným tažením „samčí gamety“ a „samičí gamety“ a jejich spojením vytvořte typ zygoty *(jedince následující generace)*. Dvoubarevný knoflík představuje heterozygota, černý knoflík dominantního homozygota, lesklý knoflík recesivního homozygota.
   Sestavený knoflík vždy hned rozepněte a části vraťte do odpovídajících krabiček.
   a) **Tah opakujte 10×.** Vytvořili jste model generace sestávající z 10 jedinců. Jejich genotypy zaznamenejte čárkami v příslušných kolonkách tabulky.
   b) **Tah opakujte 30×** *(výsledky opět zaznamenejte).*
   c) **Tah opakujte 60×** *(výsledky opět zaznamenejte).*

ČETNOST	POPULACE TVOŘENÁ POČTEM JEDINCŮ		
	10	30	60
(AA) p^2			
(Aa) 2pq			
(aa) q^2			

✓ *Vyhodnocení*

Získané rozdělení genotypů srovnejte s rozdělením očekávaným podle H-W zákona:
Výchozí stav: 32 AA + 32 aa = 1
takže: *(p = 0,5, q = 0,5)*

V následující generaci očekáváte: 25 % AA (p^2)
50 % Aa (2pq)
25 % aa (q^2)

Toto rozdělení genotypů se blíží k teoreticky očekávanému rozdělení tím více, čím více potomků se v populaci vytvoří. Vytvoří-li se potomků málo, dochází k posunu od očekávaného H-W rozdělení.

Číselné hodnoty genotypových četností nakonec sečtěte v řádcích tabulky dohromady. Tím obdržíte četnosti jednotlivých genotypů při počtu 100 potomků.

B. GENOVÝ POSUN

✓ *Teorie*

Vznikne-li v populaci pro malý počet křížení málo potomků, genetická struktura populace se mění a náhodně se posunuje od původního rozdělení.

✓ *Postup*

1. Do krabičky vložte 8 černých (AA) a 8 lesklých (aa) knoflíků *(genotypů)*, které tak představují generaci G_0.
2. Namátkou táhněte 4 knoflíky *(genotypy jedinců)* pro vytvoření potomků. Vytvořte jejich dvojníky, a tak získáte 8 potomků. Rozepněte knoflíky a rozdělte: do jedné krabičky spermie, do druhé vajíčka.
3. Namátkou vytáhněte jednu spermii a jedno vajíčko, spojte je a získáte genotyp zygoty. Gamety vraťte do původních krabiček a promíchejte. Tak opakujte ještě třikrát. Tím jste vytvořili genotypy 4 zygot, které zaznamenejte do tabulky. Jsou to jedinci generace G_1.
   Vytvořte jejich dvojníky.
4. Získaných 8 jedinců opět rozpojte. Získali jste 16 gamet *(alel)*. Gamety rozdělte do dvou krabiček *(samčí a samičí zvlášť)* a postupujte jako v bodě 3. Vytvoříte modely genotypů 4 zygot – jedinců generace G_2. Vytvořte jejich dvojníky.
5. Získáte 8 jedinců, jejich rozpojením 16 gamet *(alel)* a postupujte jako v bodě 4.

Podobně postupujte až do generace G_6, jejíž genotypové zastoupení porovnejte s výchozí generací G_0.

GENERACE	ZASTOUPENÍ GENOTYPU		
	AA	Aa	aa
G_0			
G_1			
G_2			
G_3			
G_4			
G_5			
G_6			

42. Izolace DNA z buněk cibule kuchyňské

✓ *Teorie*

Rozbitím buněčných stěn v třecí misce a rozrušením membránových struktur *(jaderné a cytoplazmatické membrány)* detergentem uvolníme DNA do extrakčního roztoku. Tento roztok vznikne smísením stejných objemů tři složek, které chrání DNA před rozštěpením a napomáhají jejímu vysrážení ethanolem. **Pufrující složka** 50 mM Tris.Cl *(místo něj lze použít roztok $NaHCO_3$ o koncentraci 4.5 g.dm^{-3} upravený na pH 7 – 8)*, **Chelaton III *(EDTA)*** o koncentraci 10 mM chránící DNA před všudypřítomnými enzymy DNA-zami a **chlorid sodný** o koncentraci 250 mM, který napomáhá vysrážení DNA dvěma způsoby: jednak Na^+ neutralizují záporné náboje, které DNA nese díky fosfátovým skupinám a tím znesnadňuje její solvataci dipólovými molekulami vody a také tím, že NaCl je v roztoku téměř 100% disociován a vzniklé ionty jsou silně solvatovány *(tzv. vysolovací efekt)*. Konečné vysrážení DNA vyvolá ethanol, nebo isopropanol, který váže další molekuly vody.

✓ *Pomůcky*

6 g jemně na čtverečky pokrájené cibule
třecí miska s tloučkem
jemná gáza na přípravu filtru
4 ks zkumavek o objemu 20 ml
nálevka
vysoká kádinka 250 ml s teplou vodou 55°–65° C *(vodní lázeň)*
teploměr
15 ml extrakčního roztoku *(50 mM Tris.Cl, nebo roztok $NaHCO_3$ o koncentraci 4,5 g.dm^{-3}, 250 mM NaCl, 10 mM EDTA)*
1 ml 1% SDS *(dodecylsulfátu)* nebo 1% roztok JARu
8 ml čistého ethanolu nebo isopropanolu
ledová tříšť

✓ *Postup*

1. Jemně pokrájenou cibuli necháme přes noc zmrazit v mrazáku
2. Zmrazenou cibuli přeneseme do třecí misky, přidáme 15 ml extrakčního roztoku a tloučkem roztíráme asi 5 minut
3. Vzniklou suspenzi přefiltrujeme přes několikrát přeloženou gázu do zkumavky
4. K filtrátu přidáme 1 ml 1 % SDS (*nebo 1 % JARu*), jemně promícháváme tyčinkou, při teplotě 55-65 °C, po dobu 20 minut
5. Roztok opět přefiltrujeme do další zkumavky. Odpipetujeme 4 ml roztoku do suché zkumavky a chladíme v ledové tříšti asi 5 minut
6. Pomalu převrstvujeme 8 ml 96 % ledového čistého ethanolu (*nebo isopropanolu*). Na mezifázi pozorujeme precipitující genomovou DNA
7. Opatrným nakláněním zkumavky její objem opatrně promícháváme. Vysráženou DNA můžeme navinout na špejli a povytáhnout z roztoku.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

33. klony – potomstvo
34. nukleové kyseliny
35. komplementarita
36. replikace *(zdvojení)*
37. primární struktuře neukleových kyselin
38. jaderný genom – plastidech, mitochondriích *(eukaryotických buněk)* či plazmidech bakterií
39. několika úseků *(exonů)* – introny

40. jedinou do kruhu uzavřenou makromolekulou DNA – jednoduchou stavbu – mitoticky
41. jednou alelou – geny
42. plazmidy – více kopiích – jeden nebo několik genů – hlavního chromozomu – cytoplazmy jiných bakterií
43. rozdělen do určitého počtu – bílkoviny *(histony)*
44. homologických – geny – samčí – samičí gamety
45. redukční jaderné dělení *(meioza)* – homologických chromozomů – pohlavních buněk *(gamet)* – segregace
46. crossing–over – části svých chromatid – rekombinace
47. hotové znaky – geny *(vlohy)*
48. hybrida s jedním z rodičů
49. jsou uloženy v různých párech homologických chromozomů
50. ve vzájemné vazbě
51. neúplně na pohlaví vázané – pohlavně vázané
52. autozomech – přítomnosti pohlavních hormonů
53. dědičnou a nedědičnou
54. jednotlivé geny
55. strukturu chromozomů
56. počet chromozomů
57. samooplozením *(autogamií)* – panmixií
58. plemena *(rasy)* – odrůdy *(variety)*

Výsledky testu:

59b; 60d; 61b; 62c; 63c; 64d; 65b; 66c; 67a; 68b; 69c; 70a; 71d; 72b; 73d; 74c

Správná tvrzení:

74 ne; 75 ne; 76 ano; 77 ne; 78 ano; 79 ne; 80 ano; 81 ne; 82 ano; 83 ne; 84 ano; 85 ne; 86 ano; 87 ne; 88 ano; 89 ano; 90 ano; 91 ne; 92 ano; 93 ano; 94 ano; 95 ne; 96 ano; 97 ne; 98 ne; 99 ne; 100 ano

Výsledky příkladů z genetiky:

(str. 333–334, BIOLOGIE – teoretická část)

1. a) Pokud je muž ve sledovaném znaku homozygotní, všechny děti budou hnědooké.
   b) Pokud je muž ve sledovaném znaku heterozygotní, bude 75 % dětí hnědookých a 25 % modrookých.

2. Zastoupení fenotypů v potomstvu: plody:

kulaté zelené	kulaté pruhovaně zelené	podlouhlé zelené	podlouhlé pruhovaně zelené
25 %	25 %	25 %	25 %

3. Dcery budou barvy rozlišovat, synové nikoliv.

4. 50 %.

5. a) Široké : středně široké : úzké *(1 : 2 : 1)*.
   b) Středně široké : úzké *(1 : 1)*.

6.

AaBb		×	aabb
AaBb	aAbb	aabB	aabb
	křížíme mezi sebou		
AAbb	aAbb	Aabb	aabb

Králíky s černou, dlouhou srstí křížíme s hnědosrstými, dlouhosrstými rodiči *(zpětné křížení)*.

7. Četnost dominantní alely je 60 %.
   V populaci je zastoupeno:
   36 % dominantních homozygotů,
   48 % heterozygotů,
   16 % recesivních homozygotů.

8. Dcery budou zdravé, 50 % synů bude postiženo hemofilií.

9. a) Jsou-li oba znaky u otce založeny homozygotně, budou všichni potomci tmavoocí praváci.
   Je-li v obou znacích otec heterozygotní, budou v potomstvu zastoupeni:
   tmavoocí praváci : tmavoocí leváci : modroocí praváci : modroocí leváci v poměru:
   1 : 1 : 1 : 1.
   b) Fenotypy budou zastoupeni v poměru:
   9 : 3 : 3 : 1.

10. S nulovou pravděpodobností.

11. Autozomálně recesivní.

12. Čtyři typy spermií.

13. 5,6 morganů.

14. U 100 jedinců.

15. a) Je-li dědičná slepota obou rodičů podmíněna homozygotně recesivní sestavou alel jediného genu, potom všechny jejich děti budou rovněž postiženy touto chorobou, neboť od rodičů mohou získat pouze recesivní alely příslušného genu. Označíme-li tuto recesivní alelu například a, potom genotypové znázornění situace vypadá takto: aa × aa, děti budou jen genotypu aa.
   b) Jedná-li se však o dědičnou slepotu, která je u jednoho rodiče podmíněna homozygotně recesivním genotypem jednoho genu a u druhého rodiče homozygotně recesivním genotypem jiného genu *(například genotypy: aaBB × AAbb)*, nebudou jejich děti postiženy slepotou vůbec, protože budou v alelických párech heterozygotní *(AaBb)*.

OBECNÁ BIOLOGIE

(str. 340–359, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

ontogeneze
fylogeneze
individua vyššího řádu
pasivní transport
aktivní transport
endocytóza
pinocytóza
fagocytóza
fototrofie
chemotrofie
chemolitotrofie
heterotrofie
fotoautotrofie
saprofytismus
chemoorganotrofie
bakterie fakultativně anaerobní
patogenita
inkubační doba
epidemie
pandemie
riketsie
mykoplazmata
archebakterie
eubakterie
maligní transformace
grampozitivní bakterie
metastázy
karcinogen
onkogen
entropie
ustálený *(stacionární)* stav
kreační teorie
panspermická teorie
teorie evoluční abiogeneze
metabolon
probiont
protobiont *(eobiont)*
mikroevoluce
speciace
makroevoluce
škola diluvianistů
lamarckismus
darwinismus
neodarwinismus
migrace genů
genetický posun
přírodní výběr
divergence vývoje
konvergence vývoje
genocentrismus
teorie živé planety

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Uveďte obecné vlastnosti společné všem živým soustavám.
2. Jak rozdělujeme organismy podle složitosti?
3. Jaký je rozdíl mezi virem a viroidem?
4. Které látky jsou hlavními stavebními složkami biomembrán?
5. Jakými způsoby se uskutečňuje pasivní transport látek biomembránami?
6. Čím se odlišuje aktivní transport látek přes biomembrány od pasivního transportu?
7. Které formy endocytózy rozlišujeme?
8. Uveďte charakteristické vlastnosti prokaryot.
9. Jaký je rozdíl mezi fototrofními a chemolitotrofními organismy?
10. Charakterizujte heterotrofní prokaryota.
11. Co je typické pro fakultativně anaerobní bakterie?
12. V jakém uspořádání se vyskytuje fotoautotrofie u prokaryot?
13. Kterými základními způsoby mohou patogenní mikroorgamismy vyvolat onemocnění?
14. Co jsou riketsie a mykoplazmata?
15. V čem se zásadně odlišuje genetika prokaryot od genetiky eukaryot?
16. Jak pravděpodobně proběhla evoluce prokaryot?
17. Kterými způsoby se projevuje diferenciace eukaryotních buněk?
18. Uveďte příčiny vyvolávající genovou aktivitu.
19. Co jsou nádorové buňky?
20. Které reakce probíhají samovolně?
21. Jakými způsoby získávají buňky energii pro tvorbu ATP?
22. Jak rozdělujeme termodynamické systémy podle jejich interakce s okolím?
23. Co je entropie?

24. Uveďte rozdíl mezi izolovanou a otevřenou soustavou.
25. Charakterizujte stacionární *(ustálený)* stav soustavy.
26. Vysvětlete pojem křesťanský evolucionismus.
27. Jaká je hlavní myšlenka panspermické teorie?
28. Které hlavní etapy zahrnuje chemická evoluce?
29. Jaký je zásadní rozdíl mezi metabolonem a protobiontem?
30. Jaký je rozdíl mezi probiontem a protobiontem?
31. Uveďte důvody pro tvrzení, že život vznikl a vyvíjel se ve vodním prostředí.
32. Vysvětlete endosymbiotickou teorii vzniku eukaryotních buněk.
33. Které tři úrovně biologické evoluce se rozlišují?
34. Kdo byl zastáncem teorie kataklysmat?
35. O které představy se opírá lamarckismus?
36. Stručně charakterizujte darwinismus a neodarwinismus.
37. Vyjmenujte základní mechanismy evoluce.
38. Charakterizujte mechanismy evoluce.
39. Uveďte tři hlavní stupně vývoje ekosystému.
40. Co je typické pro zmlazení ekosystému?
41. Charakterizujte stupeň vyzrávání ekosystému.
42. Čím se vyznačuje vrcholové stadium ekosystému?
43. Znáte jiné názory na evoluci? Které?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

44. Mnohobuněčné organismy mají stupňovité upořádání. Buňky stejného tvaru a funkce tvoří …… Soubory pletiv či tkání tvoří …… Orgány vzájemně se doplňující ve své činnosti tvoří ……
45. Hlavní stavební složkou biomembrán jsou ……
46. Aktivní transport látek je spojen ....., neboť se uskutečňuje proti ……
47. Podle zdroje energie se prokaryota dělí na …… a …… Podle zdroje uhlíku, potřebného pro syntézu asimilátů, se dále dělí na ……, kdy zdrojem uhlíku je CO_2, a na ……, kdy zdrojem uhlíku jsou jednoduché organické látky.
48. Mykoplazmata postrádají buněčnou stěnu, mají však ……
49. Ke změně genetické informace u prokaryot může dojít dvěma způsoby: …… nebo …… Nová DNA buď zůstává v cytoplazmě jako ……, nebo je na místo homologického úseku původního chromozomu včleněna procesem ……
50. Archebakterie se od eubakterií odlišují tím, že v buněčné stěně ……
51. Je zřejmé, že příčinou maligní transformace buňky je nadměrná aktivace určitých ……, které jsou pravděpodobně normální součástí genetického vybavení buňky. V normální buňce jsou však ……
52. V průběhu fotosyntézy je zářivá energie přeměněna na ……
53. Samovolně probíhají jen reakce …… Soustavy při nich přecházejí ze stavu …… do stavu ……
54. Entropie systému vyjadřuje ……
55. Entropie izolovaného systému ……
56. Čím je entropie systému nižší, tím je systém ……
57. Organismy jsou z termodynamického hlediska soustavy …… a přítokem a odtokem hmoty a energie mohou být udržovány v ……
58. Kreacionisté zastávají názor, že život vznikl ……
59. Zastánci panspermické teorie se domnívají, že …… V případě, že se tyto …… dostanou na vesmírné těleso s podmínkami vhodnými pro život, rozvinou ……
60. Teorie evoluční abiogeneze předpokládá vznik života ……
61. Metabolony nelze považovat za živé soustavy, protože jim chyběla ……, bez níž nemůže být dalšího ……
62. Otázka vzniku života souvisí se vznikem ……
63. Jako probionty jsou označovány soustavy nedokonale …… bez ustáleného ……

64. Protobionty *(eobionty)* jsou prvotní organismy, u nichž došlo k oddělení ……
65. Vznik eukaryotních buněk vysvětluje teorie ……
66. Neodarwinismus rozlišuje tři úrovně biologické evoluce: ……
67. Podstatou lamarckismu je názor, že se organismy ……
68. Neodarwinismus *(též označován jako moderní syntetická teorie evoluce)* vznikl spojením ……
69. Základními druhy přírodního výběru jsou: ……
70. Ekosystémy procházejí vývojem, který je možné rozdělit do ……
71. Podle genocentrického názoru na evoluci nejsou jednotkami výběru jedinci, nýbrž ……
72. Teorie živé planety zdůrazňuje, že zásadní změny prostředí působené životem organismů dosahují …… a naopak podmínky prostředí ovlivňují ……

✓ *Test*

73. **Součástí prokaryotní buňky nejsou:**
    1 – chromozom
    2 – ribozom
    3 – centriola
    4 – mitochondrie
    Správná tvrzení: a) 1, 3
    b) 2, 4
    c) 2, 3
    d) 3, 4

74. **Prokaryotní organismy mohou být:**
    1 – aerobní
    2 – anaerobní
    3 – fakultativně anaerobní
    4 – fotoautotrofní
    Správná tvrzení: a) 1, 2, 3, 4
    b) pouze 2
    c) pouze 3, 4
    d) pouze 1, 2, 3

75. **Z uvedených tvrzení neodpovídá skutečnosti:**
    a) některé viry mají membránový obal okolo bílkovinného obalu
    b) viry obsahují buď RNA, nebo DNA
    c) viry mají enzymatický systém umožňující syntézu ATP
    d) pro svoje rozmnožování potřebují viry živou hostitelskou buňku

76. **Do skupiny archebakterií patří:**
    a) sinice
    b) prochlorofyty
    c) halofilní bakterie
    d) grampozitivní bakterie

77. **Způsob, jakým mohou být přijímány přes buněčnou biomembránu velké molekuly jako jsou například makromolekuly bílkovin, se nazývá:**
    a) aktivní transport
    b) endocytóza
    c) osmóza
    d) difuze

78. **Vyberte pravdivá tvrzení o entropii.**
    Entropie:
    1 – s uspořádaností systému klesá
    2 – s uspořádaností systému vzrůstá
    3 – v izolovaném systému klesá
    4 – v izolovaném systému vzrůstá
    Platí tvrzení: a) 1, 3
    b) 2, 4
    c) 1, 4
    d) 2, 3

79. **Který z uvedených dějů je nejméně pravděpodobnou příčinou diferenciace embryonálních buněk?**
    a) světlo, teplo a pH, jemuž jsou buňky vystaveny
    b) rekombinace genů v průběhu dělení buněk
    c) rozdělení nehomogenní plazmy do dceřinných buněk
    d) vzdálenost od povrchu embrya a látky produkované sousedními buňkami

80. **Nejjednoduššími prvotními organismy byly pravděpodobně:**
    a) probionta
    b) metabolony
    c) protobionta *(eobionta)*
    d) protenoidní mikrosféry

81. **Z různých způsobů opylení má za následek nejmenší selekční tlak na vývoj rostlin s barevnými a vonnými květy:**
a) opylení ptáky *(kolibříci)*
b) opylení větrem
c) opylení hymzem
d) opylení netopýry

82. **První ucelenou teorií evoluce se staly myšlenky:**
a) J. B. Lamarcka
b) G. Cuviera
c) Ch. Darwina
d) C. Linnea

83. **Z izolačních mechanismů zahajujících štěpení vývojových linií je za obecně nejdůležitější považován:**
a) sezónní izolace
b) geografická izolace
c) neplodnost hybridů
d) izolační chování

84. **Adaptivně orientovaným *(směrovaným)* mechanismem evoluce je:**
a) genetický posun
b) přírodní výběr
c) migrace genů
d) četnost vzniku mutací

85. **Podobnost a stejná funkce křídla hmyzu a netopýrů je příkladem:**
a) divergence
b) adaptivní radiace
c) konvergence
d) speciace

86. **Homologickými orgány jsou:**
a) klepeto štíra, klepeto raka, chapadlo chobotnice
b) plíce obojživelníků, vzdušné vaky pavouků, žábra ryb
c) křídlo ptáka, lidská ruka, prsní ploutev ryby
d) křídlo motýla, křídlo netopýra, křídlo ptáka

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
86. Viroid je infekční forma viru.	○	❑
87. Endocytóza je aktivní příjem látek buňkou.	○	❑
88. Při exergonických reakcích se uvolňuje volná energie.	○	❑
89. Chemoorganotrofní bakterie k oxidacím organických látek nepotřebují kyslík.	○	❑
90. Koacerváty vznikají z koloidních roztoků proteinogenních molekul.	○	❑
91. Autotrofní buňky jsou buňky většiny rostlin a hub.	○	❑
92. Eubakterie jsou vývojově bližší eukaryotům než archebakterie.	○	❑
93. Pro maligní transformaci buňky je pravděpodobně rozhodující aktivace protoonkogenů.	○	❑
94. Anabolismus je závislost jedince na příjmu anabolik.	○	❑
95. Soustavy uzavřené si nemohou vyměňovat s okolí ani hmotu, ani energii.	○	❑
96. Katabolické reakce jsou současně i reakcemi endergonickými.	○	❑
97. Za hlavní faktor ovlivňující evoluci považoval Darwin přírodní výběr.	○	❑
98. Pro ekosystém ve vývojovém stupni zmlazení je typická divergence vývojových linií druhu.	○	❑
99. Soustava s vyšší entropií je uspořádanější *(organizovanější)*.	○	❑
100. Zhroucení ekosystému může být zapříčiněno často jen malou změnou životních podmínek.	○	❑
101. Výběr disruptivní působí v nestejnorodém prostředí a upřednostňuje průměrné vlastnosti.	○	❑

Praktická cvičení

43. Nadmakromolekulární struktury

A. VZNIK NADMAKROMOLEKULÁRNÍ STRUKTURY AUTOORGANIZACÍ

✓ *Teorie*

Molekuly fosfolipidů obsahují hydrofobní část *(uhlíkatý řetězec mastné kyseliny)* a hydrofilní část *(glycerol, kyselina fosforečná, cholin).* Ve styku s vodou se uspořádají tak, že spolu asociují nepolární konce a také polární konce, které se ještě spojují s polárními molekulami vody. Dochází tak k paralelnímu uspořádání fosfolipidových molekul do stabilní dvojvrstvy. K ní se rychle připojují další dvojvrstvy a dohromady vytvářejí nadmolekulární strukturu tvaru trubičky.

✓ *Materiál a pomůcky*

0,1% roztok KOH, kapátka, potřeby k mikroskopování, lecitin

Příprava lecitinu: *vaječný žloutek za stálého míchání smíchejte s 20 ml absolutního ethanolu. Přidejte 50 ml etheru a promíchejte. Zfiltrujte do porcelánové odpařovací misky a směs na vodní lázni (v digestoři) odpařte. Zůstane bělavá až žlutá emulze. Přidejte k ní 20 ml acetonu, promíchejte a nechte usadit. Žlutou tekutinu odlijte. Opakujte, dokud se aceton barví žlutě. Zbylý extrakt lecitinu má voskovitý vzhled. Uchovejte v ledničce.*

✓ *Postup*

Na hrotu preparační jehly přeneste malé množství lecitinu na podložní sklo a trochu jej po skle rozmázněte. Přikryjte krycím sklem a mírně přitlačte. Při malém zvětšení pozorujte okraj rozetřeného lecitinu a poté při 450 násobném zvětšení. Okraj se jeví černě. Pozorujte okraj objektu a zároveň požádejte svého spolupracovníka, aby přikápl ke kraji krycího skla kapku roztoku hydroxidu.

✓ *Pozorování*

Z okraje lecitinu vyrůstají při styku s vodou trubičky, které se různě ohýbají a proplétají. Autoorganizace fosfolipidových molekul probíhá, dokud všechny volné hydrofilní konce molekul nejsou obsazeny molekulami vody.

Podobná autoorganizace molekulové dvojvrstvy v nadmakromolekulární struktury probíhá v živých soustavách.

B. POZOROVÁNÍ KOACERVÁTŮ

✓ *Teorie*

Koacerváty jsou mikroskopické kapénky. Jsou to makromolekulární struktury bílkovin, polysacharidů nebo nukleových kyselin. Lze je vytvořit například z koloidního roztoku arabské gumy smícháním s koloidním roztokem želatiny.

$$\underset{\text{arabinát sodný}}{ARA^{x-}\ x\ Na^{+}} + \underset{\text{chlorid želatiny}}{Z^{y+}\ y\ Cl^{-}} \rightarrow \underset{\text{komplexní koacervát}}{ARA^{x-}\ Z^{y+}} + x \text{ až } y\ Na^{+}Cl^{-}$$

Při reakci mají rozhodující význam celkové náboje uvedených složek. Důležitý je zde izoelektrický bod – pH, při kterém je příslušná složka bez elektrického náboje. Při pH nad izoelektrickým bodem je látka nabitá záporně *(chová se jako kyselina)*, při pH pod izoelektrickým bodem je látka nabitá kladně *(chová se jako zásada).*

Izoeleektrický bod arabinátu je cca pH = 2
Izoeleektrický bod želatiny je cca pH = 5
Ke koacervaci bude tedy docházet pouze v rozmezí pH 2 až 5, nejlépe při pH 3,5.

✓ *Materiál a pomůcky*

3 kádinky *(150 ml)*, třecí miska, zkumavky, univerzální pH papírky, pipety, teploměr, arabská guma *(můžeme ji nahradit třešňovou nebo švestkovou klovatinou, nasbíranou na těchto stromech)*, želatina *(nebo kvalitní klih)*, 8% kyselina octová, 1% roztok KOH, organická barviva:
eosin *(1% v 96% ethanolu)*
methylenová modř *(1% vodný roztok)*
methylová violeť *(1% vodný roztok)*

✓ *Postup*

Připravte 100 ml 1% roztoku arabské gumy *(třešňové klovatiny)* tak, že 1 gram *(jemně rozdrcené)* přelejte v kádince 100 ml dest. vody. Je-li roztok nečistý, zfiltrujte jej. 1 gram želatiny *(klihu)* vysypte do 100 ml dest. vody a nechte asi 15 minut bobtnat. Potom roztok za míchání zahřejte na 50 °C na vodní lázni a za míchání tyčinkou želatinu rozpusťte.

Z obou roztoků odeberte stejná množství *(např. 10 ml)* a v kádince smíchejte. Neobdržíte-li čirou směs, přikápněte 1% roztok KOH, až se právě vyčeří.

Tuto směs na vodní lázni vyhřejte na 50 °C a za stálého míchání přikapávejte zředěnou kyselinu octovou, až se vytvoří mléčný základ a pH papírek ukáže hodnotu pH 3 až 4.

Aby se kapénky koacervátu nespojovaly, ochlaďte suspenzi za míchání. Přidejte několik kapek barviva, kapku suspenze přeneste na podložní sklo a zhotovte preparát. Prohlížejte postupně při větším zvětšení.

✓ *Pozorování*

Kulaté nebo oválné nadmolekulární struktury, uzavírající menší kulaté struktury.

C. KOACERVÁTOVÉ STRUKTURY VE ŽLOUTKU

✓ *Teorie*

Žloutek je koloidní soustava obsahující tuky a bílkoviny vytvářející koacervátové struktury.

✓ *Materiál a pomůcky*

Fyziologický roztok, kapátko, potřeby k mikroskopování, slepičí vejce.

✓ *Postup*

Na podložní sklo nakápněte vaječný žloutek *(stačí kapička přenesená preparační jehlou)* a na něj nakápněte kapku fyziologického roztoku. Dobře promíchejte jehlou a lehce přikryjte krycím sklíčkem *(nepřitlačujte!)*. Pozorujte postupně při větším zvětšení.

✓ *Pozorování*

Struktura žloutku vytváří koacervátové koule různé velikosti. Jejich struktura je jiná než struktura okolního prostředí. Pozorujete Brownův pohyb makromolekul, výměnu látek mezi koacerváty a okolím, rozpojování a uzavírání biomembrán.

D. PRVOTNÍ BIOGENEZE

✓ *Teorie*

Počátkem 20. století byla vyslovena zajímavá myšlenka o vzniku prvotních buněk z thiokyanatanu amonného NH_4SCN a formaldehydu CH_2O. Po ozáření vznikají v této směsi pohyblivá mikroskopická tělíska, vytvářející strukturu, která by mohla být počátečním krokem k „prvotní biogenezi".

✓ *Provedení*

K 7 ml 37% formaldehydu přidejte 3 g thikyanatanu amonného, promíchejte a nechte stát asi 1 hodinu v místnosti na světlém místě. Po této době se roztok zlatožlutě zbarví. Pozorujte pod mikroskopem.

Poznámka: Pokud máte k dispozici ultrafialovou lampu, ozářením směsi UV světlem vznik organizovaných struktur ve směsi značně urychlíte, neboť UV záření reakci katalyzuje.

✓*Řešení*

Správně doplněné výrazy:

44. pletiva a tkáně – orgány – orgánové soustavy
45. fosfolipidy
46. se spotřebou energie *(ATP)* – koncentračnímu spádu
47. fototrofní – chemotrofní – autotrofní – heterotrofní
48. trojvrstevnou cytoplazmatickou membránu
49. mutací – přijetím části cizí molekuly DNA – plazmid – crossing-over
50. neobsahují peptidoglykan
51. genů *(onkogenů)* – pod kontrolou
52. energii chemickou
53. exergonické – s vyšší organizovaností *(méně pravděpodobného)* – s nižší organizovaností *(méně uspořádaného, chaotického)*
54. míru jeho neuspořádanosti
55. nikdy neklesá
56. uspořádanější *(organizovanější)*
57. otevřené – ustáleném *(stacionárním)* stavu
58. stvořením *(náhle, zásahem nadpřirozené síly)*
59. život je rozšířen po celém vesmíru ve formě zárodků *(kosmozoí)* – zárodky – se do vyšších forem
60. postupným vývojem z neživé hmoty
61. schopnost autoreplikace – vývoje
62. genetického kódu
63. se replikující – genetického kódu
64. mechanismu replikace od translace
65. o endosymbióze
66. mikroevoluci, speciaci a makroevoluci
67. aktivně přizpůsobují měnícím se podmínkám prostředí
68. darwinismu s mendelismem
69. výběr stabilizující, usměrňující a disruptivní
70. tří hlavních stupňů
71. geny
72. globálních rozměrů – růst organismů, druhů, ekosystémů

Výsledky testu:

73d; 74a; 75c; 76c; 77b; 78c; 79b; 80c; 81b; 82a; 83b; 84b; 85c; 86c

Správná tvrzení:

86 ne; 87 ano; 88 ano; 89 ano; 90 ano; 91 ne; 92 ne; 93 ano; 94 ne; 95 ne; 96 ne; 97 ano; 98 ano; 99 ne; 100 ano; 101 ne

ČLOVĚK A PROSTŘEDÍ

(str. 360–367, Biologie – teoretická část)

✓ *Důležité pojmy*

technosféra	emise	eutrofní vody
herbicid	imise	eroze
pesticid	skleníkový efekt	fotochemický smog
polyfágní hmyz	freony	ozonová díra

✓ *Základní znalosti a dovednosti*

1. Jaký je zásadní rozdíl ve vztahu člověka k přírodnímu prostředí na rozdíl od ostatních živočichů?
2. Které hlavní příčiny umožňují početní růst lidské populace?
3. V čem spatřujete klady a zápory používání herbicidů?
4. Co považujete za hlavní příčiny devastace přírodního prostředí?
5. Jmenujte globální problémy týkající se člověka a jeho vztahu k prostředí.
6. Vysvětlete podstatu vzniku skleníkového efektu.
7. Čím je způsobeno poškozování ozonové vrstvy?
8. Co je příčinou zvyšování koncentrace ozonu v troposféře?
9. Co se rozumí samočisticí schopností vody?
10. Čím je způsobena eutrofizace vod?
11. Na kterých třech základních principech je založena idea ozdravení planety Země?
12. Co si představujete pod pojmem trvale udržitelný rozvoj?

✓ *Doplňte chybějící výrazy*

13. Rozhodující význam na odstraňování plevelů mají ……
14. Jedním z negativních důsledků pěstování monokultur je přemnožení …… Jsou to druhy živící se různými druhy rostlin, přičemž kulturní rostlina nemusí ……
15. Všechna opatření za účelem zvyšování výnosů užitkových rostlin vedla …… nejen v moderní době, ale i v minulosti.
16. Technickoekonomické problémy znečišťování životního prostředí souvisejí s …… přírodních zdrojů.
17. Ekologické problémy životního prostředí jsou vyvolány …… základních složek prostředí a narušením rovnováhy ……
18. Oxid siřičitý působí defoliačně především na ……, uvolňujících do ovzduší malé množství ……, které reagují s …… za vzniku oxidačních produktů *(peroxidů)*, jež oxidují oxid siřičitý na ……, který reakcí s vodou ……
19. Vzájemnými reakcemi plynných, kapalných a pevných částic uvolňovaných jako nečistoty do ovzduší vznikají ……
20. Mezi nejnebezpečnější imise, působící rozklad molekul ozonu, patří ……
21. Druhotně jsou vody znečišťovány ……
22. Vedle zhoršování kvality půdy je ohrožován i její rozsah, a to především v důsledku ……
23. Nadměrné množství odpadů lze snížit …… a likvidací ve spalovnách a kompostováním. Podmínkou je důsledné ……

✓ *Test*

24. **Které z uvedených tvrzení je správné?**
    1 – čím jsou si méně podobné niky populací dvou druhů, tím ostřejší je jejich vzájemná konkurence
    2 – populace dvou druhů nemohou osídlit stejnou niku na stejném stanovišti
    3 – populace dvou druhů nemohou žít na stejném stanovišti
    4 – žádné tvrzení není správné
    Správné odpovědi: a) 1, 2
    b) 4
    c) pouze 2
    d) 1, 3

25. **Rozhodněte, který z ekosystémů je nejméně stabilní:**
    a) sibiřská tajga
    b) poušť Gobi
    c) bavlníkové plantáže v Uzbekistánu
    d) jihoamerická pampa

26. **Eutrofizace vod je způsobena především sloučeninami:**
    1 – dusíku
    2 – síry
    3 – fosforu
    4 – uhlíku
    Platí tvrzení: a) 1, 2
    b) 2, 3
    c) 3, 4
    d) 1, 3

27. **Největší podíl na znečišťování spodních vod mají:**
    a) zemědělství
    b) chemické výroby
    c) energetika
    d) lidská sídliště

28. **Vzrůstající automobilová a letecká doprava je příčinou, že:**
    1 – obsah ozonu v troposféře se zvyšuje
    2 – obsah ozonu v troposféře se zmenšuje
    3 – neovlivňuje obsah ozonu v troposféře
    4 – má největší podíl na zvyšování obsahu SO_2 v ovzduší
    Platí tvrzení: a) 3, 4
    b) pouze 2
    c) pouze 1
    d) pouze 3

29. **Biogeochemický cyklus uhlíku nejméně ovlivňuje:**
    a) znečištění moří a oceánů
    b) letecká a automobilová doprava
    c) UV složka slunečního záření
    d) úbytek tropických deštných lesů

30. **Mykorrhiza je nejvíce ohrožena zvyšováním obsahu:**
    a) NO_x v atmosféře
    b) CO_2 v atmosféře
    c) plynných uhlovodíků v atmosféře
    d) těžkých kovů v substrátech

31. **Používáním prostředků na bázi DDT proti hmyzu jsou nejvíce postiženy populace predátorů, jejichž potravou jsou menší ptáci a především ryby. Které z tvrzení nejlépe vystihuje pozorovanou skutečnost:**
    a) býložraví ptáci jsou menší a pozřou relativně méně potravy
    b) DDT je absorbován živočichy, ale ne rostlinami
    c) býložraví ptáci mají metabolické dráhy, odbourávající DDT na neškodné produkty
    d) dochází ke kvantitativnímu hromadění škodlivých látek na vyšších trofických úrovních

32. **Největší množství pevných odpadů v naší republice v současnosti produkuje:**
    a) zemědělství
    b) energetika
    c) chemický průmysl
    d) stavebnictví

33. **Druhově málo početně zastoupené společenstvo s jedním dominujícím druhem je typické pro:**
    a) počáteční stadium sukcese
    b) klimaxové stadium
    c) lemové společenstvo
    d) sladkovodní ekosystémy

34. **Které tvrzení neodpovídá skutečnosti? Na daném stanovišti mohou spolu existovat současně populace různých druhů s velmi podobnými nároky na prostředí v případě, že:**
    a) se liší svými ekologickými nikami
    b) mají shodné ekologické niky
    c) mají alespoň částečně odlišné nároky na prostor, zdroje potravy a energie
    d) mají shodné nároky na zdroje prostředí, ale využívají je v časově rozdílnou dobu

✓ *Potvrďte správné tvrzení*

	ano	ne
33. V důsledku imisí se pH půd zvyšuje.	❍	❑
34. Konečnou fází eutrofizace vod je vymizení kyslíku.	❍	❑
35. Na vzniku skleníkového efektu se podílí pouze CO_2.	❍	❑
36. Ke vzniku smogu je nutná přítomnost UV složky slunečního záření.	❍	❑
37. Pojmem imise označujeme látky uvolňované a rozptylované v ovzduší.	❍	❑
38. Mezi nečistoty narušující ozonovou vrstvu patří především oxidu dusíku.	❍	❑
39. Obsah ozonu v troposféře se neustále zmenšuje.	❍	❑
40. Na znečištění spodních vod má největší podíl zemědělství.	❍	❑
41. Elektrické výboje v atmosféře ovlivňují biochemický cyklus dusíku.	❍	❑
42. Velkoplošné pěstování kulturních rostlin je příčinou půdní eroze.	❍	❑
43. Samočistící schopnost vody je zvyšována jejím prokysličováním.	❍	❑

Praktická cvičení

44. Toxické látky v prostředí I.

✓ *Teorie*

Přítomnost škodlivých a jedovatých látek v prostředí a jejich koloběh v potravních řetězcích má různé následky. Ve vyšších koncentracích *(toxických)* působí onemocnění nebo smrt organismu. Většina chemických látek však nemá takové zjevné následky. Procházejí potravními řetězci v netoxických koncentracích, zato však opakovaně a dlouhodobě.

Následky takových dlouhodobě opakovaných působení na organismech a také na člověku nejsou obvykle zjevné. Laboratorními pokusy je však doložen jejich mutagenní účinek a tendence k jejich hromadění na vyšších úrovních potravního řetězce.

✓ *Materiál a pomůcky*

Kultura krásnooček *(Euglena sp.)*, nezmaři *(Hydra sp.)*, roztok jaru nebo saponu, motorový olej příp. olej na jízdní kola, dvě menší akvária *(zavařovací sklenice)*, potřeby k mikroskopování.

A. ÚČINEK DETERGENTŮ A OLEJŮ NA KRÁSNOOČKA

✓ *Postup*

a) Připravte si roztok detergentu *(jaru, saponu)* ve zředění 0,01 %, 0,1 %, 1 % a neředěný roztok. Na podložní sklo nakápněte 5 kapek kultury krásnoočka *(nepřikrývejte krycím sklíčkem)*. Smočte hrot preparační jehly v prvním roztoku a vmíchejte do první kapky. Do dalších kapek přeneste vzorky vyšších koncentrací detergentu. Pátá kapka je kontrolní.
Obsahy jednotlivých kapek pozorujte pod mikroskopem a zaznamenejte časy zástavy pohybu krásnooček a změny tvaru jejich těl v jednotlivých kapkách.

b) Na podložní sklo nakápněte dvě kapky kultury krásnooček. Do jedné vmíchejte hrotem preparační jehly kapičku oleje. Proveďte pozorování jako v bodě 1.

B. VLIV DETERGENTŮ NA MNOHOBUNĚČNÉ ORGANISMY

✓ *Postup*

Z akvária, ve kterém chováte nezmary, odeberte do menších akvárií *(zavařovacích sklenic)* stejné objemy vody *(cca 1 l)*.

Do jedné sklenice dejte 5 nezmarů, do druhé sklenice dejte zbytky 5 nezmarů *(každého nezmara rozdělte žiletkou na 3 díly)*.

Do první nádoby s celistvými nezmary nalejte 2 ml neředěného roztoku saponátu.

Výsledek pokusu vyhodnoťte v průběhu 3 týdnů.

✓ *Pozorování*

Detergenty a oleje znečisťující životní prostředí působí škodlivě na organismy i v nízkých koncentracích. Tím negativně ovlivňují druhové složení ekosystémů a ohrožují jejich existenci.

45. Toxické látky v prostředí II.

A PŮSOBENÍ FENOLU NA NITĚNKY

✓ *Teorie*

Fenoly bývají nejčastěji složkou průmyslových odpadních vod. Cílem pokusu je důkaz závadnosti vod znečištěných fenoly, na vůči znečištěným vodám odolných organizmech, nitěnkách.

✓ *Materiál a pomůcky*

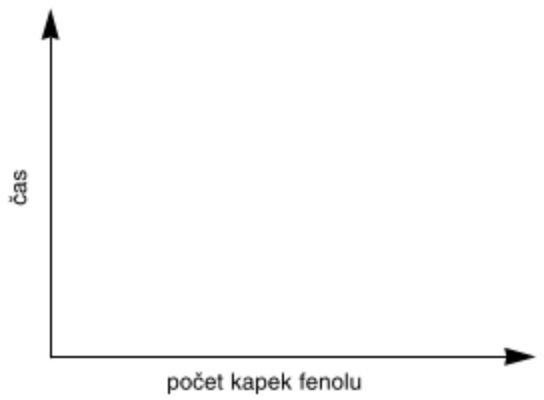
Nitěnky *(Tubifex sp.)* nalovíte na bahnitém dně organickými látkami znečištěných vodních toků, nebo zakoupíte v obchodu s akvarijními rybkami *(používají se jako jejich krmivo)*, 4% fenol, 14 zkumavek, stojánek na zkumavky, pipeta 10 ml, kapátko, nebo lépe lékovka s kapátkovým uzávěrem.

✓ *Postup*

Do 7 označených zkumavek napipetujete po 10 ml vodovodní vody. Do dalších 7 zkumavek napipetujte po 1 ml vodovodní vody a do každé přidejte po 5 nitěnkách. Zkumavky si analogicky označte 1/II, 2/II atp. Do první sady zkumavek nakapte roztok fenolu:

zkumavka	1/I	2/I	3/I	4/I	5/I	6/I	7/I
počet kapek fenolu	2	4	8	16	32	64	–

Po protřepání přelejte takto připravené roztoky do druhé sady zkumavek s nitěnkami. Sledujte ve všech zkumavkách pohyb nitěnek *(sedmá zkumavka je kontrolní)*, okamžik zastavení pohybu nitěnek ve zkumavce zaznamenejte a vyneste do grafu.



B. TOXICKÉ PŮSOBENÍ RTUTI NA TREPKY

✓ *Teorie*

Na kationty některých těžkých kovů *(Hg^{2+}, Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+} aj.)* jsou buňky většinou vysoce citlivé. U méně citlivých buněk či organizmů se tyto kovy v jejich tělech hromadí. Největší koncentrace kovy potom dosahují ve tkáních vrcholových konzumentů a bývají příčinou jejich různých zdravotních postižení či úhynu.

Vysoce citlivé vůči Hg^{2+} *(rtuť má na ně oligodynamický účinek)* jsou trepky.

✓ *Materiál a pomůcky*

Na podložní sklíčko nakápněte odděleně dvě kapky z kultury trepek. K jedné z nich přikápněte kapku vody z lahvičky se trutí, druhá je kontrolní. Přikryjte krycím sklíčkem a pozorujte při menším zvětšení v pětiminutových intervalech. Všímejte si pohybu – sledujte zrychlení, zpomalení nebo zastavení pohybu trepek v první kapce ve srovnání s kontrolní.

✓ *Řešení*

Správně doplněné výrazy:

13. herbicidy
14. původně polyfágních hmyzích škůdců – ta, které dávají přednost
15. k devastaci půdy
16. rychlým a často nehospodárným čerpáním materiálových a energetických
17. znečišťováním a ohrožováním – člověk – příroda
18. jehličnany – terpenů – ozonem – oxid sírový – tvoří kyselinu sírovou
19. imise
20. organické chlorované látky
21. kyselými dešti, různými živinami obsaženými ve vyčištěných vodách a splachy rostlinami nevyužitých umělých hnojiv
22. výstavby sídlišť, komunikací, průmyslových závodů a těžbou surovin
23. zavedením moderních bezodpadových výrob, využíváním odpadů jako druhotných surovin – třídění odpadů

Výsledky testu:

24c; 25c; 26d; 27a; 28c; 29c; 30a; 31d; 32b; 33a; 34b

Správná tvrzení:

33 ne; 34 ano; 35 ne; 36 ano; 37 ne; 38 ne; 39 ne; 40 ano; 41 ano; 42 ano; 43 ano

Souhrnný test z biologie

je určen pro Vás, kteří jste se rozhodli maturovat z biologie, případně budete z tohoto předmětu skládat přijímací zkoušky na vysokou školu. Jeho vyřešením si můžete ověřit úroveň svých znalostí a dovedností. Náročností se test přibližuje běžně používaným testům, které jsou součástí přijímacích zkoušek na vysoké školy, na nichž patří biologie mezi profilující předměty. Jedná se o test jednovariantní, to znamená, že z nabízených řešení je vždy jen jedno správné.

1. **U bakterií se nevyskytuje:**
   a) fotosyntéza
   b) chemosyntéza
   c) meióza
   d) tvorba spor

2. **Živočišné buňky napadené viry syntetizují bílkovinu:**
   a) lyzozym
   b) insulin
   c) endorfin
   d) interferon

3. **Makromolekulární látky jako jsou například bílkoviny mohou pronikat cytoplazmatickou biomembránou:**
   a) difuzí
   b) aktivním transportem
   c) endocytózou
   d) osmoticky

4. **Nepředpokládáme-li aktivní transport nebo volnou difuzi, potom nejsnadněji budou pronikat cytoplazmatickou biomembránou molekuly:**
   a) bílkovin
   b) vitaminů rozpustných v tucích
   c) nukleotidů
   d) sacharidů

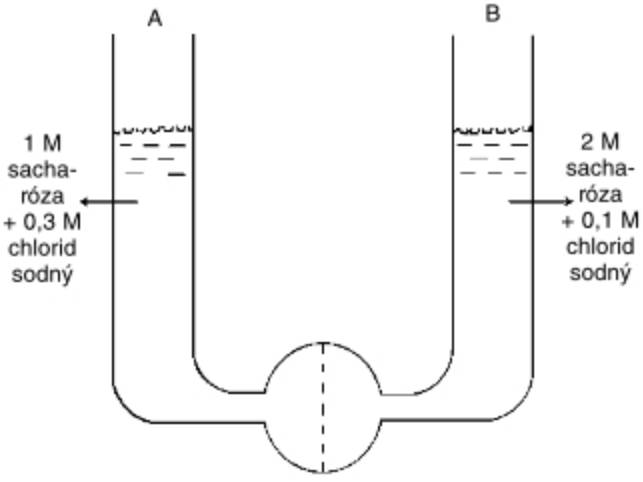
5. **Antibiotikum streptomycin se spojuje s bakteriálními ribozomy, které potom nemohou plnit svoji funkci. Streptomycin tedy ničí bakterie tím, že svojí přítomností v bakteriální buňce:**
   a) zmenšuje její schopnost produkovat dostatečné množství energie potřebné k zabezpečení životně důležitých funkcí
   b) brání transportu látek endoplazmatickým retikulem
   c) brání syntéze buněčných bílkovin
   d) brání syntéze mRNA

6. **Membránovou organelou *není:***
   a) Golgiho aparát
   b) ribozom
   c) lyzozom
   d) chloroplast

7. **Organelou nacházející se v živočišných i v rostlinných buňkách, která však většího vývoje a významu dosáhla u rostlinných buněk je:**
   a) lyzozom
   b) Golgiho aparát
   c) vakuola
   d) mitochondrie

8. **Kolik molů molekulárního kyslíku se zúčastní přeměny jednoho molu glukózy při kvašení:**
   a) žádný
   b) 6 molů
   c) 12 molů
   d) 24 molů

9. **Schéma znázorňuje počáteční stav pokusu kdy ramena U-trubice, oddělená membránou, byla naplněna roztoky *(sacharózy a chloridu sodného, rozdílných koncentrací)* do stejné výšky:**



membrána propustná pro chlorid sodný a vodu, nepropustná pro sacharózu

K uvedeným sedmi tvrzením vyberte jejich hodnocení:

a) předpokládaná změna i její zdůvodnění jsou správné
b) předpokládaná změna je správná, ale její zdůvodnění je nesprávné
c) předpokládaná změna je nesprávná, zdůvodnění však odpovídá skutečnosti
d) předpokládaná změna i její zdůvodnění jsou nesprávné

1. Koncentrace roztoku sacharózy v ramenech A i B se nezměnily, protože membrána je pro sacharózu nepropustná a sacharóza tedy nemůže přecházet z ramena B do ramene A.
2. Koncentrace roztoku chloridu sodného se v ramenu B zvýšila a v ramenu A snížila, protože rozpuštěné látky mají tendenci přecházet z prostředí o nižší koncentraci do prostředí s vyšší koncentrací těchto látek.
3. Koncentrace sacharózy v ramenu B se snížila a v ramenu A zvýšila, protože molekuly vody difundují z ramene A do ramene B v důsledku osmózy.
4. Koncentrace chloridu sodného v ramenu B se vyrovnala s koncentrací chloridu sodného v ramenu A, protože sodné kationty a chloridové anionty mohou volně procházet membránou.
5. Hladina roztoku se zvýšila v ramenu A a snížila se v ramenu B, protože molekuly vody pronikají membránou z prostředí s vyšší koncentrací molekul vody do prostředí s nižší koncentrací molekul vody.
6. Hladina roztoku se zvýšila v ramenu B, protože roztok v tomto ramenu má nižší osmotickou hodnotu než roztok v ramenu A.
7. Molekuly vody budou přecházet z ramena B do ramena A, protože molekuly vody se pohybují z prostředí s vyšší osmotickou hodnotou do prostředí s nižší osmotickou hodnotou.

1	2	3	4	5	6	7

10. **Místem kde se uskutečňuje tmavá fáze fotosyntézy *(Calvinův cyklus)* jsou:**
    a) tylakoidy chloroplastů
    b) cytoplazma buňky obklopující chloroplasty
    c) stroma chloroplastů
    d) vakuoly

11. **Světlá fáze fotosyntézy probíhá v:**
    a) membránách tylakoidů
    b) ribozomech
    c) membránách ohraničujících chloroplasty
    d) tonoplastu vakuol

12. **Při fotosyntéze i při dýchání se uskutečňují stejné děje s výjimkou:**
    a) syntézy molekul ATP
    b) toku elektronů
    c) rozkladu molekul vody
    d) přenosu vodíku prostřednictvím $NADP^+$

13. **Kterou z uvedených látek získávají masožravé rostliny polapením a následným trávením hmyzu:**
    a) fosfor
    b) vápník
    c) glukózu
    d) dusík

14. **Z uvedených částí *není* součástí embrya v semenu rostlin:**
    a) děloha
    b) hypokotyl
    c) endosperm
    d) epikotyl

15. **Do kmene stromu vysokého 5 m byl ve výšce 1 m od země zatlučen hřebík. O 15 let později dosáhl strom výšky 20 m. Hřebík se v této době nalézal ve výšce:**
    a) 1 m
    b) 5 m
    c) 10 m
    d) 16 m

16. **Gametofyt u rostlin vzniká:**
    a) spojením samčí a samičí diploidní buňky
    b) oplozením vaječné buňky buňkou spermatickou
    c) mitotickým dělením haploidní spory
    d) mitotickým dělením zygoty

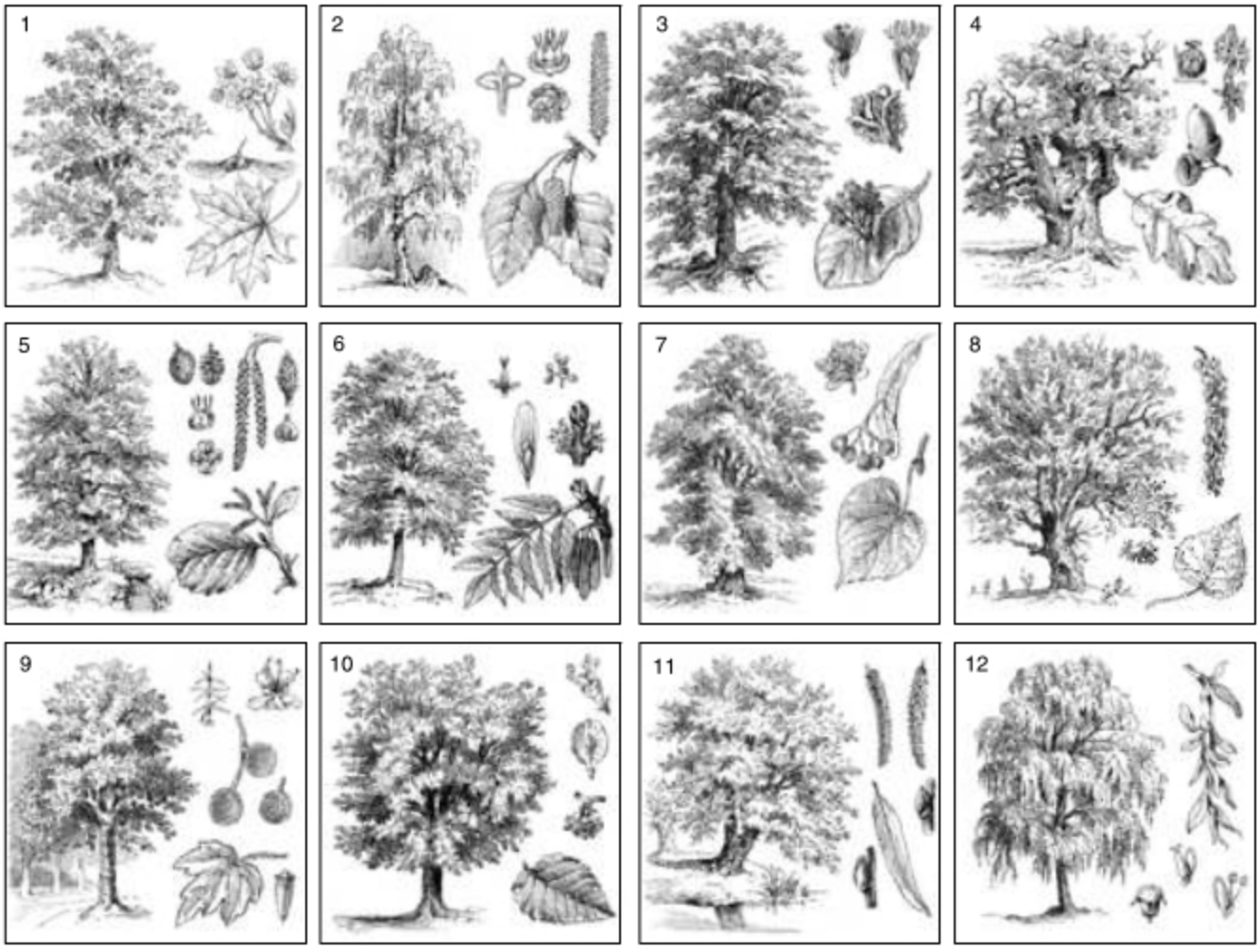
17. **Která z dvojice uvedených makrobiogenních prvků *(C, O, H, N)* je přijímána hlavně kořeny rostlin:**
    a) C, O
    b) H, C
    c) C, N
    d) H, N

18. **Pro jednoděložné rostliny *není* typickým znakem:**
    a) souběžná žilnatina v listech
    b) počet květních částí odpovídajících číslu 4 nebo 5
    c) skutečnost, že jejich stonky druhotně netloustnou
    d) roztroušené svazky cévní

19. **Látkou urychlující zrání plodů je:**
    a) auxin
    b) cytokinin
    c) giberelin
    d) ethylen

20. **Poznáte nejznámější listnaté stromy našich lesů a parků? K názvu stromu v tabulce přiřaďte odpovídající číslo:**

strom	číslo	strom	číslo
lípa		topol	
buk		platan	
bříza		vrba	
javor		dub	
olše		jilm	
jasan		vrba smuteční	



21. **U stopkovýtrusných hub se *nevyskytují:***
    a) dvoujaderné hyfy
    b) konidie
    c) mycelium
    d) chitin v buněčné stěně

22. **Způsob výživy hub je:**
    a) heterotrofní
    b) autotrofní
    c) fotoautotrofní
    d) chemolitotrofní

23. **U živočichů s druhotnou tělní dutinou (*coelomata)* se *nevyskytuje:***
a) otevřená oběhová soustava
b) gangliová nervová soustava
c) žaberní dýchání
d) protonefridie jako vylučovací orgány

24. **U všech zástupců kroužkovců a měkkýšů se vyskytuje:**
1. Pravá tělní dutina *(coelom)*
2. Článkování těla
3. Otevřená oběhová soustava
4. Žábra jako dýchací orgán

Správné tvrzení:
a) pouze 1
b) pouze 3
c) 1, 4
d) 2, 3

25. **Z uvedených znaků *není* typický pro hmyz:**
a) tři páry nohou
b) složené oči
c) jeden pár tykadel
d) chelicery

26. **Společným znakem obratlovců a členovců je:**
a) obrvené larvální stadium
b) prvotní ústa
c) druhotná ústa
d) druhotná tělní dutina *(coelom)*

27. **Amnion se *nevyskytuje* v embryonálním stadiu u:**
a) králíka
b) ropuchy
c) zmije
d) krokodýla

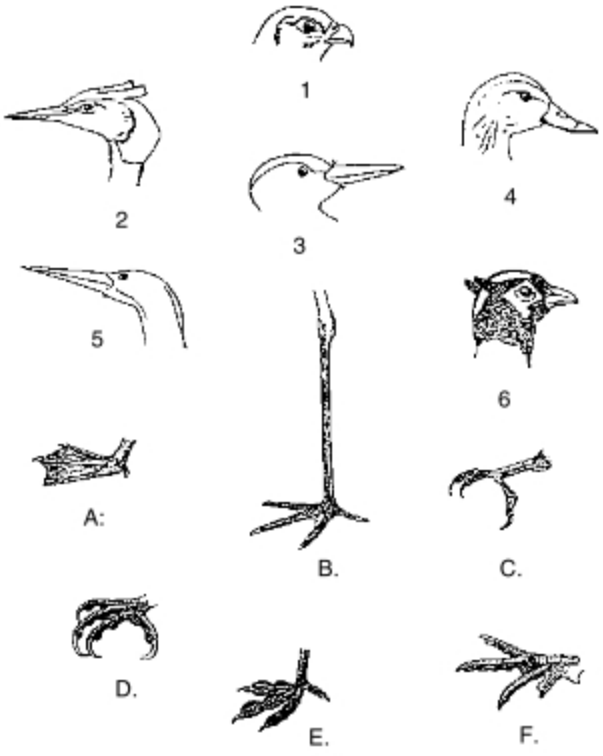
28. **Živočichové *(s výjimkou krokodýlů)*, jejichž hrudní dutina je oddělena bránicí od břišní dutiny, určitě mají:**
a) vzdušné vaky
b) žaberní štěrbiny
c) bezjaderné erytrocyty
d) srdce s jednou komorou a dvěma předsíněmi

29. **Za vrozené chování považujeme:**
a) přivykání *(habituaci)*
b) instinktivní chování
c) podmiňování
d) učení

30. **U kterých zástupců uvedených tříd obratlovců se vyskytuje pouze vnitřní oplození:**
a) plazi, obojživelníci, savci
b) plazi, ptáci, savci
c) ryby, obojživelníci, plazi
d) ptáci, obojživelníci, savci

31. **K číslům označujícím hlavy ptáků přiřaď velká písmena jim odpovídajících končetin:**

1	2	3	4	5	6



32. **Která skupina orgánů a orgánových soustav je mezodermálního původu:**
a) oběhová soustava, kostra, svaly
b) mozek, oči, vylučovací soustava
c) pokožka, žaludek vlasy
d) nervová soustava, plíce, kostra

33. **Vtištění *(imprinting)*:**
1. Se vytváří v období nejranějšího mládí
2. Je naučeným chováním
3. Je vrozeným chováním
4. Je přechodnou formou mezi vrozeným a naučeným chováním

Platí:
a) pouze 2
b) 1, 2
c) 1, 3
d) 1, 4

34. **Největší vývojové přizpůsobení na snížený obsah kyslíku můžeme pozorovat u živočichů v:**
a) horské říčce
b) Severním ledovém moři
c) mělkém jezeře v africké savaně
d) Bajkalském jezeře

35. **Které z tvrzení *není* pravdivé:**
a) pro srážení krve je nutná přítomnost Ca^{2+} iontů
b) aby mohlo dojít ke srážení krve, musí být vystavena působení vzdušného kyslíku O_2
c) pro srážení krve je nutná přítomnost protrombinu v krevní plazmě
d) mechanickým rozrušením trombocytů se uvolňuje látka iniciující srážení krve

36. **Z dusíkatých látek je pro savce nejvíce jedovatá a je tolerovaná pouze ve zcela nepatrných koncentracích:**
a) kyselina močová
b) amoniak
c) thiokyanatanové ionty SCN^-
d) močovina

37. **Enzymem trávícím tuky je:**
a) trypsin
b) pepsin
c) lipáza
d) amyláza

38. **Kurděje jsou onemocněním z naprostého nedostatku *(avitaminózy)* vitaminu C. Projevují se krvácivostí dásní, vypadáváním zubů, otoky a bolestmi kloubů, pomalým hojením ran. Tyto příznaky jsou vyvolány tím, že vitamin C:**
a) usnadňuje vstřebávání vápníku
b) podílí se na tvorbě červených krvinek
c) podporuje srážení krve
d) umožňuje tvorbu kolagenních vláken v pojivu

39. **V žaludku člověka probíhají uvedené děje s výjimkou:**
a) mechanicky se rozmělňuje potrava
b) probíhá mikrobiální kvašení
c) probíhá trávení bílkovin
d) přeměňují se nerozpustné minerální látky na rozpustné soli

40. ***Nesprávným* tvrzením je, že:**
a) maltáza – katalyzuje hydrolýzu disacharidů na monosacharidy
b) lipáza – katalyzuje hydrolýzu tuků na glycerol a mastné kyseliny
c) ptyalin – katalyzuje hydrolýzu škrobu na maltózu
d) pepsin – katalyzuje hydrolýzu bílkovin na aminokyseliny

41. **Které z uvedených látek mohou být vstřebány trávicí soustavou bez enzymatického štěpení:**
a) tuky
b) polypeptidy
c) škrob
d) celulóza

42. **Z uvedených orgánů mají jako jedinou funkci produkci hormonů:**
a) nadledviny
b) pohlavní žlázy
c) slinivka břišní
d) hypotalamus

43. **Nedostatek jodu v potravě člověka je příčinou:**
a) zvýšení obsahu glukózy v krevní plazmě
b) snížení rychlosti látkového metabolizmu
c) zvýšení sekrece inzulinu
d) zvýšení obsahu Ca^{2+} v krevní plazmě

44. **Oxid uhličitý, vylučovaný tkáňovými buňkami, je transportován do plic v největším množství ve formě:**
a) hydrogenuhličitanových iontů
b) karbonylhemoglobinu
c) kyseliny uhličité
d) karbaminových sloučenin

45. **Která z látek *není* s největší pravděpodobností obsažena v míze:**
a) tuk
b) bílkovina
c) hemoglobin
d) sůl

46. **Rozpadající se krevní destičky uvolňují:**
a) fibrinogen
b) tromboplastin
c) hemoglobin
d) trombokinázu

47. **Sodíko-draslíková pumpa:**
    1. Pro svou funkci vyžaduje hydrolýzu molekul ATP
    2. Vrací zpět do buňky Na^+ ionty
    3. Vrací zpět do buňky K^+ ionty
    4. Umožňuje uvolňování K^+ iontů z buňky

    Správné tvrzení:
    a) 1, 2
    b) 2, 3
    c) 1, 4
    d) 1, 3

48. **Nejvyšším prvkem nervové činnosti je:**
    a) instinktivní chování
    b) nepodmíněný reflex
    c) podmíněný reflex
    d) emoce

49. **Částí mozku, která selektivně propouští podněty do kůry mozkové a udržuje ji v bdělém stavu je:**
    a) hypotalamus
    b) mozeček
    c) retikulární formace
    d) prodloužená mícha

50. **Při utkání v boxu došlo u jednoho borce úderem k poškození pravé části týlního laloku. Postižený sportovec:**
    a) nebude vnímat zrakové podněty z levé části zorného pole
    b) nebude vnímat zrakové podněty z pravé části zorného pole
    c) přestane vnímat zvukové signály v levém uchu
    d) přestane vnímat zvukové signály v pravém uchu

51. **Hlavní funkcí Ca^{2+} iontů při svalovém stahu je:**
    a) umožnění navázání molekul ATP na myosin
    b) vyvolání depolarizace biomembrány svalového vlákna
    c) umožnění připojení myosinu na aktin
    d) zvýšení propustnosti biomembrány svalového vlákna pro molekuly neurotransmiterů

52. **Z uvedených látek jsou pro uskutečnění svalové kontrakce nezbytné:**
    a) aktin, ATP, myoglobin
    b) myosin, Ca^{2+}, myoglobin
    c) aktin, myosin, ADP
    d) aktin, myosin, Ca^{2+}

53. **Transkripce probíhající v semiautonomních organelách** *(mitochondrie, plastidy)* **eukaryotických buněk:**
    a) vyžaduje přítomnost transferových RNA
    b) se shoduje s transkripcí probíhající v jádrech eukaryotických buněk
    c) se podobá transkripci v prokaryotických buňkách
    d) vyžaduje přítomnost reverzní transkriptázy

54. **Jeden z rodičů je nositelem krevní skupiny 0, druhý je nositelem krevní skupiny AB. S jakou pravděpodobností se jim narodí dítě s krevní skupinou 0:**
    a) 75 %
    b) 50 %
    c) 25 %
    d) 0 %

55. **Manželé mají dvě dcery. Jaká je pravděpodobnost, že jejich třetí dítě bude opět dcera, jestliže předpokládáme plnou funkčnost pohlavních buněk obou partnerů:**
    a) 50 %
    b) 25 %
    c) 0 %
    d) žádná z výše uvedených možností není správná

56. **Generaci F2 tvoří 96 jedinců. Genotypy prarodičů byly** ***(P: AAbb x aaBB)*****. Kolik potomků je homozygotně dominantních ve znaku** ***(B, b)*****:**
    a) 6
    b) 12
    c) 24
    d) 48

57. **Ve volném chovu náhodně se křížících zakrslých králíků bylo zastoupeno 224 králíků s dlouhou srstí a 126 králíků s krátkou srstí. Za délku srsti odpovídá jediný pár alel, přičemž alela pro vznik dlouhé srsti je dominantní. Jaké je zastoupení homozygotů a heterozygotů** ***(AA : Aa : aa)*** **v tomto chovu:**
    a) 34 % : 56 % : 10 %
    b) 16 % : 48 % : 36 %
    c) 18 % : 46 % : 36 %
    d) 36 % : 42 % : 22 %

58. **Diploidní počet chromozomů *(2n)* v jádře tělesné buňky mouchy domácí je 12. Kolik rozdílných gamet může vzniknout meiózou za předpokladu, že se neuskutečnil žádný crossing-over:**
a) 6
b) 12
c) 36
d) 64

59. **Polymerázová řetězová reakce *(PCR)* umožňuje rychlé namnožení konkrétního úseku sledované DNA. Který úkon není součástí této metody:**
a) denaturace DNA zahřátím na 94° C
b) restrikce molekuly DNA působením endonukláz
c) nasednutí oček *(primerů)* na templátovou DNA ochlazením reakční směsi
d) aktivace termostabilní DNA-polymerázy zvýšením teploty

60. **Přenos genů z jedné bakteriální buňky do druhé prostřednictvím virů se nazývá:**
a) translace
b) transkripce
c) transformace
d) transdukce

61. **Z mechanismů zahajujících proces divergence je považován za nejdůležitější:**
a) sezónní izolace
b) sterilita hybridů
c) geografická izolace
d) úmrtnost *(mortalita)* hybridů

62. **Za hlavní příčinu konvergentního vývoje dvou rozdílných druhů se považuje:**
a) vzájemné křížení obou druhů
b) působení stejných selekčních tlaků na oba druhy
c) výskyt četných mutací
d) migrace genů mezi oběma druhy

63. **Které z látek byly produkty pokusu S. Millera:**
a) aminokyseliny a kyselina mléčná
b) celulóza
c) řetězce nukleových kyselin
d) bílkoviny

64. **První buněčné organismy, podobné současně se vyskytujícím na Zemi, byly:**
a) sinice
b) prvoci
c) zelené řasy
d) prochlorofyta

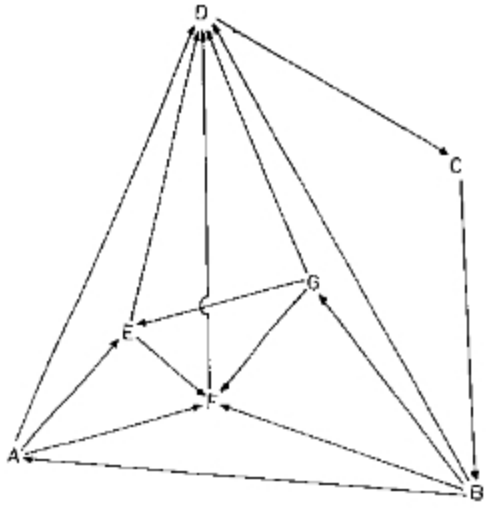
65. **Vzdušný dusík dovedou přímo vázat *(fixovat)*:**
a) pouze symbiotické bakterie
b) pouze některé rostliny
c) bakterie a někteří prvoci
d) některé symbiotické a některé volně žijící bakterie

66. **Které tvrzení odpovídá skutečnosti:**
a) dva rozdílné druhy neobsazují stejnou ekologickou niku
b) dva rozdílné druhy se nemohou nacházet ve stejném biotopu
c) čím méně podobné jsou niky dvou druhů, tím ostřejší jsou mezi nimi konkurenční vztahy
d) vztahy mezi dvěma druhy jsou vždy konkurenční

67. **Konečným stadiem sukcesního vývoje ekosystému je klimax. Klimaxové stadium:**
a) se vyznačuje převahou dvouděložných rostlin nad jednoděložnými
b) není závislé na klimatických změnách
c) přetrvává tak dlouho, pokud se významně nezmění některá podmínka prostředí
d) je stabilní stadium vývoje, avšak s nejmenší produkcí biomasy

Otázky 68 až 70:

Diagram znázorňuje potravní síť. Šipky vyznačují tok látek a energie, velká písmena organismy.



68. **Které písmeno označuje konzumenty II. řádu:**
a) F
b) G
c) A
d) E

69. **Které písmeno označuje parazity:**
a) B
b) D
c) F
d) G

70. **Které písmeno představuje producenty biomasy:**
a) D
b) B
c) C
d) E

71. **Jestliže jste absolutní vegetarián, představujete:**
a) destruenta
b) primárního konzumenta
c) sekundárního konzumenta
d) predátora

72. **Borovice lesní je:**
1. heliofyt
2. sciofyt
3. druh euryekní
4. druh stenoekní

Správné tvrzení:
a) pouze 1
b) pouze 2
c) 2, 4
d) 1, 3

Výsledky souhrnného testu

1c, 2d, 3c, 4b, 5c, 6b, 7c, 8a, 9

1	2	3	4	5	6	7
c	b	a	a	c	b	d

10c, 11a, 12c, 13d, 14c, 15a, 16c, 17d, 18b, 19d, 20

strom	číslo	strom	číslo
lípa	7	topol	8
buk	3	platan	9
bříza	2	vrba	11
javor	1	dub	4
olše	5	jilm	10
jasan	6	vrba smuteční	12

21b, 22a, 23d, 24a, 25d, 26d, 27b, 28c, 29b, 30b, 31

1	2	3	4	5	6
D.	E.	C.	A.	B.	F.

32a, 33b, 34c, 35d, 36b, 37c, 38d, 39b, 40d, 41a, 42a, 43b, 44a, 45c, 46d, 47d, 48c, 49c, 50a, 51c, 52d, 53c, 54d, 55a, 56c, 57b, 58d, 59b. 60d, 61c, 62b, 63a, 64a, 65d, 66a, 67c, 68d, 69c, 70b, 71b, 72d

DOPORUČENÁ LITERATURA

Al Gore: Země na misce vah. Praha, Argo 1994
Anděra M., Horáček I.: Poznáváme naše savce. Praha, Mladá fronta 1982
Balát F.: Klíč k určování našich ptáků v přírodě. Praha, Academia 1986
Bartoš E.: Klíč k určování hmyzích řádů. Praha, ČSAV 1953
Baruš V. a kol.: Červená kniha 2. Kruhoústí, ryby, obojživelníci, plazi a savci. Praha, SZN 1989
Baruš V., Oliva O. a kol.: Fauna ČSFR. Obojživelníci – Amphibia. Praha, Academia 1992
Baruš V., Oliva O. a kol.: Fauna ČSFR. Plazi – Reptilia. Praha, Academia 1992
Baum J., Buchar J.: V říši pavouků. Praha, SPN 1973
Bej-Bienko G. J. a kol.: Klíč k určování tříd a řádů suchozemských členovců. Praha, ČSAV 1962
Beneš J.: Člověk. Praha, Nakladatelství Mladá fronta 1994
Black D.: Zázraky ve světě zvířat. Praha, Albatros 1988
Boháč D. a kol.: Cvičení z biologie pro II. ročník gymnázia. Praha, SPN 1984
Borovanský L. a kol.: Soustavná anatomie I. a II. Praha, Avicenum 1973
Brown T. A.: Klonování genů a analýza DNA. Univerzita Palackého v Olomouci 2007.
Buchar J. a kol.: Klíč k určování bezobratlých živočichů. Praha, Scientia 1994
Dermek A.: Atlas našich hub. Bratislava, Obzor 1979
Dobroruka L. J.: Zvířata celého světa 5. Poloopice a opice. Praha, SZN 1979
Dorst J.: Ohrožená příroda. Praha, Panorama 1985
Dostál, J.: Klíč k úplné květeně ČSR. Praha, Nakl. ČSAV 1958
Douglas P.: Původ člověka, Nakladatelství Slovart, s.r.o. Praha 2009
Dylevský I., Trojan S.: Somatologie I. Praha, Avicenum 1982
Dylevský I., Trojan S.: Somatologie II. Praha, Avicenum 1982
Farb P.: Ekologie. Praha, Mladá fronta 1977
Felix J.: Zvířata celého světa 3. Hadi. Praha, SZN 1978
Felix J.: Zvířata celého světa 6. Papoušci. Praha, SZN 1979
Felix J.: Zvířata celého světa 8. Bažanti a ostatní hrabaví. Praha, SZN 1980
Felix J.: Zvířata celého světa 13. Ještěři. Praha, SZN 1988
Froněk J., Horník F., Tonika J.: Lexikon přírody a člověka. Olomouc, Nakladatelství Olomouc 1998
Froněk J., Horník F., Tonika J.: Lexikon přírody a člověka. Nakladatelství Olomouc 1998
Gaisler J.: Za oponou přírody. Praha, Panorama 1985
Gaisler, J.: Zoologie obratlovců. Praha, Academia 1983
Hanák V., Heráň I. a kol.: Přehled soustavy a české názvy savců. Lynx, Suppl. IV: 1–144, 1975
Hanzák J., Felix J., Frank S., Vostradovský J.: Světem zvířat IV. Pláštěnci, bezlebeční, ryby, obojživelníci a plazi. Praha, Albatros 1969
Hanzák J. a kol.: Světem zvířat V. Bezobratlí 1, 2. Praha, Albatros 1973
Hanzák J., Hudec K.: Světem zvířat II. Ptáci 1, 2. Praha, Albatros 1974
Hanzák J., Veselovský J.: Světem zvířat I. Savci. Praha, Albatros 1975
Hanzák J., Volf J., Dobroruka L., Moucha J.: Světem zvířat III. Domácí zvířata. Praha, Albatros 1977
Hausmann K., Hülsmann N.: Protozoologie. Praha, Academia 2003
Hendrych R.: Systém a evoluce vyšších rostlin. Praha, SPN 1977
Heráň I.: Zvířata celého světa 4. Medvědi a pandy. Praha, SZN 1978
Heráň I.: Zvířata celého světa 9. Kunovité šelmy. Praha, SZN 1978
Heráň I.: Díváme se na zvířata. Praha, Panorama 1982
Holec P.: Základy systematickej zoopaleontológie. Bratislava, KU 1990
Horáček I.: Létající savci. Praha, Academia 1982
Hudec K., Černý W. a kol.: Fauna ČSSR, 19, 21. Ptáci – Aves, I, II. Praha 1972–1977
Hudec K. a kol.: Fauna ČSSR. Ptáci – Aves 3/I, 3/II. Praha, Academia 1983
Hůrka K., Čepická A.: Rozmnožování a vývoj hmyzu. Praha, SPN 1978
Chardin P. T.: Místo člověka v přírodě. Praha, Svoboda 1993
Chardin P. T.: Vesmír a lidstvo. Praha, Vyšehrad 1990
Chejsin M.: Stručný klíč k určování sladkovodních živočichů. Praha, SPN 1955
Karásek F. a kol.: Základy fyziologie člověka. Praha, Avicenum 1971
Karlson P.: Základy biochemie. Praha, Academia 1965
Klementa J. a kol.: Somatologie a antropologie. Praha, SPN 1981
Koštíř J.: Biochemie známá i neznámá. Praha, Avicenum 1980
Kubišta V.: Fyziologie živočichů. Praha, SPN 1978
Leakey R. E.: Darwinův původ druhů v ilustracích. Praha, Panorama 1989
Linc R. a kol.: Biologie člověka. Praha, SPN 1970
Lovelock J. E.: Gaia. New York, Oxford university press, 1987

Ložek V.: Klíč československých měkkýšů. Bratislava, SAV 1956
Lusk S., Baruš V., Vostradovský J.: Ryby v našich vodách. Praha, Academia 1983
Mange A. P., E. J.: Genetics: Human Aspects, Second Edition. 1990 by Sinauer Associates Inc.
Mazák V.: Jak vznikl člověk. Sága rodu Homo. Praha, Práce 1986
Mazák V.: Pravěký člověk. Praha, Fénix 1992
Mazák V.: Zvířata celého světa 7. Velké kočky a gepardi. Praha, SZN 1980
Mazák V.: Zvířata celého světa 12. Kytovci. Praha, SZN 1988
Mitchell J. (ed.): Království zvířat. Praha, Albatros 1983
Mitchell J. (ed.): Rostliny a bezobratlí. Praha, Albatros 1989
Moldan B. a kol.: Životní prostředí České republiky Praha, Academia 1990
Nečas O. a kol.: Obecná biologie. Praha 1969
Nečásek J., Cetl I. a kol.: Obecná genetika. Praha, SPN 1984
Novák F. A.: Vyšší rostliny. Praha, Nakl. ČSAV 1961
Novák I., Spitzer K.: Ohrožený svět hmyzu. Praha, Academia 1982
Odum E. P.: Základy ekologie. Praha 1977
Peciar V. a kol.: Základy systému a evolúcie výtrusných rastlín. Bratislava, SPN 1984
Pfleger V.: Měkkýši. Praha, Artia 1988
Pokorný V.: Všeobecná paleontologie. Praha, UK 1992
Polívka F., Domin K., Podpěra J.: Klíč k úplné květeně republiky Československé. Olomouc, R. Promberger 1928
Roček Z.: Evoluce obratlovců. Praha, Academia 1985
Romanovský A. a kol.: Obecná biologie. Praha, SPN 1988
Rosypal S. a kol.: Nový přehled biologie. Praha, Scientia s. r. o., pedagogické nakladatelství, 2003
Rosypal S. a kol.: Fylogeneze, systém a biologie organismů. Praha, SPN 1992
Rozkošný R. a kol.: Klíč vodních larev hmyzu. Praha, ČSAV 1983
Sedláček K. a kol.: Červená kniha 1. Ptáci. Praha, SZN 1988
Sedlag U.: Zvířata na zeměkouli. Praha, Panorama 1986
Schubert A., Lellák J.: Život ve sladkých vodách. Praha, SPN 1973
Sigmund L., Hanák V., Pravda O.: Zoologie strunatců, UK Praha 1992
Skulačov V.: Vrušujúce cesty bioenergetiky. Bratislava, Smena 1985
Slavíková J.: Ekologie rostlin. Praha, SPN 1986
Staněk V. J.: Velký obrazový atlas zvířat. Praha, SNDK 1965
Studnička M.: Masožravé rostliny. Praha, Academia 1984
Štěpánek O.: Kapesní atlas ryb, obojživelníků a plazů. Praha, SPN 1987
Štraub R., Niedl J.: Teraristika v koutku živé přírody. Praha 1971
Urban Z., Kalina T.: Systém a evoluce nižších rostlin. Praha, SPN 1980
Veselovský Z.: Vždyť jsou to jen zvířata. Praha 1974
Voet D., Voet J.: Biochemie. Praha, Victoria publishing 1994
Volf J., Felix J.: Ještě žijí. Praha 1977
Watson J. D.: Molekulární biologie genu. Praha, Academia 1982
Zahradník J., Habrlandtová J.: Náš hmyz. Praha, Albatros 1981
Zicháček V.: Zoologie. Nakladatelství Olomouc s.r.o. 2012 (tato publikace přináší studentům s vyhraněným zájmem o biologii a o odbornou práci v tomto oboru podrobnou nabídku doporučené studijní literatury i aktuální přehled institucí zabývajících se biologickým výzkumem, uvádí platné zákonné normy a doporučení, jak psát odbornou práci).
Zlatník A. a kol.: Základy ekologie, SZN Praha 1973

Časopisy

Živa; Vesmír; Nika; Veronika; Ochrana přírody; Eko-revue; Památky a příroda; Zvířata a my; Prunella; Moravský ornitolog; Včelařství; Myslivost; Rybářství; BIOLOGIE, CHEMIE, ZEMĚPIS, časopis pro výuku na středních školách.

Zákonné normy

Ramsarská konvence o mokřadech ve znění Sdělení FMZV č. 396/1990 Sb.
Úmluva o mezinárodním obchodu ohroženými druhy volně žijících živočichů a rostlin č. 572/1992 Sb.
Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví č. 159/1991 Sb.
Vyhláška ČNR č. 117/1987 Sb., o péči o zdraví zvířat
Vyhláška MŽP ČR č. 395/1992 Sb. (§ 16) – prováděcí ustanovení zákona ČNR č. 114/92 Sb. o ochraně přírody a krajiny (v příloze č. 3 vyjmenovány zvlášť chráněné druhy organizmů)
Zákon ČNR č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny
Zákon ČNR č. 162/1993 Sb. na ochranu zvířat proti týrání
Zákon ČSFR č. 17/1991 Sb. o životním prostředí
Zákon ČNR o myslivosti (úplné znění č. 512/1992 Sb.) a prováděcí vyhláška č. 20/88 Sb.
Zákon ČNR o rybářství č. 102/1963 Sb. a prováděcí vyhláška č. 103/1963 Sb.
Zákon č. 123/96 Sb. o právu na informace o životním prostředí

REJSTŘÍK

A

aberace chromozomové *viz* mutace chromozomové
abundance 231
acetokarmín 374
acetoorcein 524
acetylcholin 283
acidofyty 66
adheze 38
adrenalin 277
Aegyptopithecus 246
aerenchym 28
afroditka plstnatá 111
agamy 164
agar 45
Agenda 21, 366
agranulocyty 258
AIDS 321
akineta 21
aklimatizace 240
akomodace 208
akromegalie 275
aktin 344
aktivita letová noční 200
aktivita prostorová 232
albatros stěhovavý 173
aldosteron 273, 276
alela 298
alela aktivní 309
alela neutrální 309
alelopatie 67
aligátor severoamerický 164
alizarin 441
alka malá 176
alkalofyty 66
allogamie *viz* cizosprašnost
amfiblastula 94
amfidisky 93
aminokyseliny proteinogenní 327
amoebocyty 93
ampule Lorenziniho 142
amur bílý 147
amyláza 268
anafáze 23
anakonda velká 166
analyzátor *viz* čidlo
anamorfóza 113
Anarticulata 104
androgeny 277
andulka vlnkovaná 177
anemie srpkovitá 328
aneuploidie 311
anizogameta 45
anizogamie 45
annuely 41
anofeles čtyřskvrnný 133
anteneandertálec 248
anteridium 60
antigenita 17
antikodon 300
antilopy 199
antitrombin 259
antropologie etnická 249
antokyany 35
aorta *viz* srdečnice
aplanospora 45
apoptóza 343
aralkotvaré 56
Ardipithecus 246
areál druhotný 69
areál původní 69
areál výskytu 228, 234
arekotvaré 57
argonaut pelagický 109
Archaeopteryx 171
archebakterie 345
archegonium *viz* zárodečník
archeocyt 93
Arrhenius S. 352
Articulata 110
artritida 255
artritida revmatická 255
asimiláty 36
askogonium 60
askospora 60
aspekt jarní 64
aspekt letní 65
astma 266
ateroskleróza 261
atol 97
auskultace 497
australopitékové 246, 247
autekologie 226
autodomestikace 240
autogamie *viz* samooplození
autoinfekce 103
autotomie 118, 218
autozom 308
auxiny 41
avitaminóza 272
axolotl mexický 157
axon *viz* neurit

B

babirusa celebeská 198
bacilus thuringiensis 337
bahenka živorodá 106
bahníci 151
bahnatka malá 100, 106
bahno radiolário vé 86
bachor 198
bachořci 89
bakterie acidofilní 344
bakterie aerobní 20, 343
bakterie amonizační 66
bakterie anaerobní 20, 343
bakterie autotrofní 19
bakterie denitrifikační 20, 66
bakterie fakultativně anaerobní 207, 270
bakterie fotosyntetizující 344
bakterie grampozitivní 345
bakterie halofilní 340
bakterie heterotrofní 19
bakterie hlízkovité 20
bakterie hnilobné 270
bakterie kvasné 270
bakterie methanové 345
bakterie nitratační 66
bakterie nitrifikační 20
bakterie nitritační 66
bakterie patogenní 20
bakterie purpurové 345
bakterie termální 345
bakterie termoacidofilní 345
bakteriofág 17
bakteriochlorofyl 19
bambus 57
banánovník obecný 57
banánovníkovité 57
barviva asimilační 35
barviva plastidů 35
barvivo kožní 274
barvocit 288
barvoslepost 288
basidiospory 61
bažant obecný 176
bedlobytky 133
běh po čtyřech 238
běhák 168
behaviorizmus 215
bekasína otavní 176
bekyně mniška 135
bělima 286

bělozubka nejmenší 190
Bernal J. D. 353
beruška vodní 122
ß-endotoxin 337
ß-laktoglobulin 336
bezblanní 139
bezčelistnatci 139
bezkřídlí 127
bezlebeční 138
beznozí 157
bezocasí 157
běžci 172
běžník květomilný 117
bičenka poševní 85
bičík 85
bičíkovci živočišní 85
bieny 41
bifurkace 169, 211
bilaterogastrea 92
bilirubin 258
bílkovina rekombinantní 335
bílkoviny 35
billharzióza 100
biocenóza 64, 228
biocyklus mořský 233
biocyklus pevninský 233
biocyklus sladkovodní 233
biodiverzita 364
biofág 227
biogeocenóza 228
bioindikátor 64, 227
biologické rytmy 240
biologie evoluční 16
biom 69, 233
biomasa 231
biomembrána 341
biosféra 228
biotop 64, 228
bipední skákání 238
bizon 199
blána jaderná 21
blanatí 139, 158
blanokřídlí 129
blastula 92
blatnice skvrnitá 157
blavor žlutý 164
blboun nejapný 176
blechy 133
blešivec obecný 123
blizna 32
bobotvaré 56
bobr evropský 192
bobule 34
bod izoelektrický 544
bodalka stájová 133
bodalka tse-tse 133
bodlák 56
bojínek 57
boltec ušní 187
borka 30
borovice černá 54
borovice kleč 54
borovice lesní 53
borovice vejmutovka 54
botulitoxin 344
boubel 101
bourec morušový 135
bradavka snovací 115
brachiace 191
brachyblast 30
brakické vody 233
bránice 185, 207, 265
brhlíkovití 177
brk 168
brodiví 173
broskev 56
brouci masožraví 130
brouci všežraví 131
bruslařka obecná 129
brva 84
brvy mechanoreceptorové 116
břehule říční 178
bubínek 288
budka pro netopýry 182
budky ptačí 181
buchanky 120
bukač velký 173
bulva 29
buněčná řiť 90
buněčná ústa 89
buničina 22
buňka diploidní 23
buňka eukaryotická 21
buňka haploidní 23
buňka límečkovitá 93
buňka plaménková 99
buňka spermatická 33, 54
buňka svěrací 25
buňka vaječná 45, 54
buňka vmezeřená 95
buňka žahavá 95
buňka žírná 250
buňka živočišná 91
buňky čichové 290
buňky dvojpólové 287
buňky chuťové 290
buňky kostitvorné 251
buňky kostní 251
buňky Leydigovy 291
buňky nádorové 347
buňky osinkové 289
buňky pigmentové 250
buňky pohlavní 296
buňky pomocné 55
buňky protistojné 55
buňky Purkyňovy 280
buňky Sertoliho 324
buňky Schwannovy 277
Bütschli O. 92
buvol indický 199
bylina 30
býložravec 227
býložravost 229
bzikavka dešťová 133

C

candát obecný 147
cefalizace 110
cejn velký 147
celer 56
celulóza *viz* buničina
CENIA 366
cenobium 45
centrum dýchací 266
cerkárie 100
cesta apoplastická 40
cesta symplastická 40
cévice 26
cévnatka 286
cévní soustava otevřená 116, 125
cévní soustava uzavřená 111
cévy 26
cibetkovití 194
cibule kuchyňská 56
cirhóza 270
cizopasník 227
cizosprašnost 33
clitellum 111
coelom 99
coenosarc 97
Crick H. C. 352
crossing-over 23
cukry 35
Cuvier G. 356
cvrčci 128
cykasy 53
cyklóza 88
cyklus buněčný 346
cyklus Calvinův 36, 76
cyklus Krebsův 37
cyklus menstruační 292
cyklus životní 41
cypřišek 54
cysta 84
cytokinéza 23, 346
cytokininy 41
cytoplazma 19
cytoskelet 348

Č

čalounice mateřídoušková 130
čápi 173
časovač 240
část lýková 26
čejka chocholatá 176
čekanka 56
čelisti 119
čelisti chitinové 112
čelistnatci 139, 141
čepel listová 31
čepička kořenová 28
čepovec 198
červ mozečkový 280
červci 129
červeň neutrální 377
červor vodní 157
červotočovití 131
česlo 268
česnek kuchyňský 56
čéška 254
češule 34
čidlo 285
čidlo kinetické 289
čidlo statické 289
čidlo zrakové 208
čich 187
činčila vlnatá 193
činidlo Fehlingovo 386
čípky 287
čirůvka májovka 62
číslo Morganovo 307
článkování nestejnocenné 113, 123
článkování stejnocenné 110
členovci 113
člověk moudrý 192
člověk neandertálský 248
člověk pekingský 248
člověk předvěký 248
člověk vzpřímený 247
člověk zručný 247
čmeláci 130
čmelík kuří 118
čnělka 32
čočinka 30
čočka 56
čolci 157
čtverohrbolí 281
čtyřnožci 153

D

ďábel medvědovitý 189
dalekozrakost 287
daman kapský 196
daněk skvrnitý 198
Darwin CH. 356
darwinismus 356
datel černý 177
datlovník 57
datování paleontologických nálezů 244
Dawkins R. 359
dědičnost gonozomální 308
dědičnost krevních skupin 328
dědičnost křížem 309
dědičnost mimojaderná 310
dědičnost pohlaví 308
dědičnost přímá 308
dědivost 310
deficience 311
dekompozitor *viz* reducent
delece 311
dělení buněčné 23
delfín obecný 199
delfín skákavý 199
děloha 31, 292
demekologie 226, 230
dendrit 277
depolarizace 277
deriváty kožní 274
destičky krevní 259
destruent 229
diafýza 252
diagram květní 33, 74
diapedéza 259
diastema 192
diastola 260
diblastica 92
diferenciace buněk 347
dikobraz evropský 193
diluvianisté 356
dimorfismus pohlavní 103
dioxygenhemoglobin 258
diploidie 23
dírkonošci 85
disepiment 110
disimilace 36
disjunkce 235
disperze lineární 230
disperze plošná 230
disperze prostorová 230
dispozice dědičná 313
divergence 352
diverzifikace *viz* rozrůzňování
divoká zvířata 241
dlouhokřídlí 176
dna 255
DNA – denaturace 314
DNA – helikáza 334
DNA – klonování 315
DNA – ligáza 314
DNA – primáza 334
DNA – renaturace 314
DNA – sekvenování 317
doba generační buňky 347
doba inkubační 344
doména motorová 347
domestikace 240
dominance 201
dorozumívání ptáků 179
drabčíkovití 131
dráha mimopyramidová 280
dráha pyramidová 279
dráhy míšní 279
dráhy motorické 279
drápatka 241
drápatka vodní 158
drápkovci 113
drápy 186
dravec 174, 227
dronte mauricijský 176
drop velký 176
drozd zpěvný 178
druh allochtonní 69
druh autochtonní 69
druh bifázový 240
druh cirkumpolární 235
druh cirkumtropický 235
druh kosmopolitní 235
druh monofázový 240
druh polyfázový 240
druhoústí 135
dřeň kostní 251
dřepčík polní 131
dřevo letní 30
dřevo řídké 30
dřevomorka domácí 62
dřevovina 22
dučej Bottalova 295
dudek chocholatý 177
duhovka 286
duplikace 311
duplikace chromozomu 23
dutiny nosní 264
dvanáctník 268
dvojdyšní 151
dvojnažka 34
dvoukřídlí 133
dýchání 217
dýchání buněčné 36
dýchání vnější 210
dýchání vnitřní 210, 263
dýchání zevní 263
dymnivka 65
dynein 340

E

efektor 274
efipium 119
efyra 97
ejakulát 292
ekdyson 121
Ekdysozoa 104, 135
ekologická nika 226
ekologická sukcese 228
ekologická tolerance 227
ekologická valence 227
ekologie populační 229
ekologie potravní 228, 229
ekologie ptáků 178
ekologie rostlin 64
ekologie rozmnožování 237
ekologie živočichů 226
ekosystém 69, 228
ekosystém – vyzrávání 359
ekosystém – zmlazení 358
ekoton *viz* lemové společenstvo
ekotyp 313
ektoderm 91
ektoparazit 227
ektoplazma 84
elefantiáza 103
elektrokardiogram 321
embolie 259
embryo *viz* zárodek
emise 66, 361
emu australský 172
encefalitida 118
encystace 84
endemie 336
endemit 69, 236
endocytóza 342
endodermis 29
endokarp 34
endolymfa 289
endomycety 59
endonukleáza restrikční 314
endoparazit 227
endoparazit osmotrofní 87
endoplazmatické retikulum 22
endosperm 56
endospory 57
endosymbióza 82
energetický režim 200
enterotoxin 344
entoderm 92
entoplazma 84
entropie 350
eobiont *viz* praorganismus
epidemie 344
epidermis 25
epifytismus 67
epifýza 252
epikard 260
epitel 249
erekce 107
eroze půdní 363
erytrocyty 213
erytropoetin 273
esteziometr 523
estradiol 277
estrogen 277, 292
etiolizace 41
etologie ptáků 178
etologie savců 201
euryvalence 227
eutrofizace vod 363
evoluce – mechanismy 357
evoluce biologická 355
evoluce chemická 352
evoluce multiregionální 338
evoluce orgánů 206
evolucionalismus křesťanský 347
exina 55
exkonjugant 89
exocytóza 343
exokarp 34
exon 301
expanze druhu 232
explantát rostlinný 41
exprese genu 300
exteroreceptor 208, 285

F

fagocytela 92
fagocytóza 86
faktor fertilní 71
faktor Rh 259
faktory abiotické 227
faktory biotické 227
faktory psychogenní 296
faosomy 111
farming 336
faryngotremie 137
fáze chování 217
fáze ischemická 293
fáze proliferační 293
fáze rozmnožovací 41
fáze růstu 41
fáze růstu diferenciační 41
fáze růstu embryonální 41
fáze růstu prodlužovací 41
fáze sekreční 293
fáze světlá fotosyntézy 35
fáze tmavá fotosyntézy 36
fáze vegetativní 41
fazol 56
felogen 25, 30
fenek berberský 194
fenotyp 304
fenykl obecný 56
fermentace *viz* kvašení
feromony 222
fibrily kolagenní 250
fibrily elastické 250
fibrily vazivové 250
fibrin 259
fibrinogen 259
fimbrie 19
fissiparie 111
flémování 203
floem *viz* část lýková
floroglucinol 376
fluktuace 231
folikul Graafův 292
foresie 117
formace retikulární 278, 280
fotofobie 111
fotolýza vody 35
fotonastie 43
fotoperioda 227
fotoperiodismus 42
fotorespirace 77
fotosyntéza 35
fototropismus 43
Fox S. W. 352
fragment Okazakiho 334
fregatky 169
frekvence dechová 187
fretka 241
Frisch K. 215
fukoxantin 82
fykocyan 20
fykoerytrin 20
fylogeneze živočišstva 204
fytocenóza 64, 228
fytohormony 41
fytoncidy 67

G

galaktosemie 328
gameta 23
gametangium 44
gametofyt 44
gametogeneze 303, 324
garnáti 123
gastrin 268
gastrula 92
gaviál indický 164
gekoni 164
gemule 93

gen 299
gen malého účinku 309
gen mimojaderný 299
gen operační 301
gen regulační 301
gen strukturní 299
genetický fingerprinting 338
(genetické otisky)
genetika 296
genetika lékařská 313
genocentrismus 359
genofond populace 312
genom jaderný 299, 303
genotyp 310
geobiocenóza 228
geotropismus 43
gepard štíhlý 194
giberelíny 41
giboni 191
glie *viz* neuroglie
glochidie 104
glukagon 276
glukokortikoidy 276
glyfosát 338
glykogen 57
glykolýza 36
glykosylace 335
gonochorista 214
gonozom 308
gorila 192
gradace 231
gradualismus 356
grana 22
granulocyty 258
gravitropismus *viz* geotropismus
guerézy 191

H

habituace 225
háďátko řepné 103
hadi 165
hadilov písař 175
Haeckel E. 91, 226
Haldane J. B. S. 353
hálka 299
haptera 51
hasivka orličí 52
haterie novozélandská 158, 161
haustoria *viz* přísavky 29
haustorium 29
havran polní 178
Heinroth O. 215
heliofyty 65
heliosciofyty 65
hematokrit 258
hemimetabola 214
hemofilie 309
hemoglobin 258
hemopoéza 319
heparin 250
hepatitida 270
hepatitida alkoholická 270
hepatitida virová 270
hepatopankreas 107
herbicid 356
hermafrodit 100, 112, 214
hermafrodit proterandrický 100
heřmánek 56
heterocysta 21
heterochromozom *viz* gonozom
heterostylie *viz* různočnělečnost
hexapoda 123
hirudin 112
histiocyt 250, 258
HIV 321
hlasivky 187
hlasový ústroj 170
hlavonožci 108
hlemýžď zahradní 105, 106
hlenky 88
hlístice 102
hlístník hnízdák 57
hlíva ústřičná 62
hlíza oddenková 30
hlízy kořenové 29
hlodavci 192
hltan 268
hltanovka bahenní 113
hluchavkotvaré 56
hmyz 123
hmyz novokřídlý 127
hmyz polyfágní 361
hmyz starokřídlý 127
hmyzomorka bourcová 58
hmyzomorka včelí 58
hmyzožravci 190
hniloba mokrá 83
hniloba suchá 83
hnízdění 178
holometabola 214
holub domácí 167, 241
holub doupňák 176
holub hřivnáč 176
holub skalní 172
holubinka 62
homeostáza 256
hominidi 246
hominizace 192, 246
homodoncie 195
homolice středomořská 106
Hooke R. 347
hormogonie 21
hormon adrenokortikotropní ACTH 275
hormon antidiuretický ADH 273, 275
hormon folikulostimulující FSH 275
hormon luteinizační LH 275
hormon neurohypofyzární 275
hormon růstový STH 275
hormon tyreotropní TSH 275
hormony 208
hormony gonadotropní 275
hormony tkáňové 275
hořavka duhová 147, 152
hořčice bílá 56
hořčice polní 56
houby 57
houby dřevokazné 62
houby křemičité 94
houby rohovité 94
houby stopkovýtrusné 61
houby vápenaté 94
houby vřeckovýtrusné 60
housenky 134
hrabaví 175
hraboš polní 192
hrách 56
hrdlička divoká 176
hrdlička zahradní 176
hroch obojživelný 198
hrotnatka obecná 119
hrouzek obecný 147
hroznýši 166
hrtan 264
hrušeň 56
hryzec vodní 193
hřib 62
hřibovité houby 62
humři 122
husa domácí 241
hustota populace 67
husy 174
hvězdnicotvaré 56
hvozdík písečný 65
hybridizace *viz* křížení
hydratace protoplazmy 38
hydrofyty 65
hydromedúza 96
hydroponie 40
hydrotropismus 43
hyena skvrnitá 194
hyfa 57
hyfa askogenní 60
hygrofyty 65
hymenium *viz* rouško výtrusorodé
hymenofor 61
hyperglykosylace 336
hyperpolarizace 278
hypertermie obranná 285
hypervitaminóza 272

hypnospora 46
hypofýza *viz* podvěsek mozkový
hypotalamus 281
hypovitaminóza 272

CH

chaluha příživná 176
chaluhy 46
chameleoni 165
chámovod 292
chápani 191
Chardin T. P. 351
chazmofyty 65
chemoreceptory 208, 290
chiméry 143
chitin 22, 57
chlopek obecný 121
chlopeň srdeční 260
chlorhemin 499
chloroplast 22
chlorzinkjod 381
chlupy 186
chlupy hmatové 186
choanocyt 93
chobotěnka husí 89
chobotnatci 196
chobotnatka rybí 113
chobotnice pobřežní 109
cholesterol 341
chondriogen 310
choriongonadotropin 277
choroba dědičná 313
choroba ischemická 261
choroš 62
chování 215
chování altruistické 221
chování apetenční 217
chování aposematické 218
chování epimeletické 221
chování hravé 224
chování komfortní 218
chování mimetické 218
chování nesobecké 221
chování objevitelské 225
chování ochranné 218
chování partnerské 220
chování pátrací 224
chování podmíněné látkovou výměnou 217
chování pohybové ochranné 218
chování potravní 217
chování přeskokové 223
chování rivalské 220
chování rozmnožovací 201, 220
chování sociální 201, 221
chování vyhledávací 217
chování získané 224
chráněná krajinná oblast CHKO 361
chráněná území 242
chrobáci 131
chromatida 303
chromatin pohlavní 524
chromista 82
chromofyta 82
chromoplast 22
chromozom 21, 303
chromozom homologický 23, 303
chronobiologie 240
chrostíci 133
chroust obecný 131
chrup mléčný 268
chrup trvalý 268
chrupavčití 146
chrupavka 250
chrupavka epifyzární 252
chrysolaminaran 82
chrysomonády 82
chřapáč 61
chřástalovití 176
chřipka 266
chudozubí 192
chůze bipední 238
chůze kvadrupední 238
chvostoskoci 123
chytridiomycety 58

I

ibisové 174
idioblast 28
imise 358
imprinting 152, 224
imunita buněčná 258
imunita humorální 258
imunita nespecifická 258
imunita specifická 258
imunizace aktivní 258
imunizace pasivní 258
indikátor ekologický 64
individua vyššího řádu 340
induktor 301
infarkt myokardu 261
infekce respirační 266
informace genetická 299
inhibitory růstu 41
inkluze krystalické 22
inkubace 171
instinkt 126, 217
insulin 269, 276
integumenty *viz* obaly vajíčka
intenzita transpirace 40
intercelulára 25
interferony 259
interoreceptor 208, 285
intina 55
intoxikace 344
intron 301
invazivita 344
inzulín rekombinantní 336
inženýrství genové 301, 314
ixodin 118
izogameta 45
izogamie 45

J

jabloň 56
jadérko 21
jádro 21
jádro zárodečného vaku 55
jaguár americký 194
jahodník 56
jak divoký 199
jalovec 54
jantarka obecná 106
jarovizace 42
játra 269
játrovka 49
jazyk 268
jazylka 254
ječmen 57
jedle bělokorá 54
jednotka motorická 256
jednotka podvirová 18
jehlanka válcovitá 129
jehličnany 53
jelec tloušť 147
jelen evropský 198
jepice 127
jeřáb 56
jeřábek lesní 176
jeřábovití 176
jeseteři 146
jestřáb lesní 175
ještěrka obecná 158
ještěrky 164
ještěři 160
jetel luční 56
jezevec lesní 194
ježek východní 190
ježek západní 190
ježovka jedlá 136
ježura australská 189
jícen 268
jikernačky 146
jílek 57
jinan dvoulaločný 53

jinany 53
jiřička obecná 178
jiřiny 56
jmelí 67

K

kadeřnatka 47
kachny plovavé 174
kachny potápivé 174
kajka mořská 174
kajman černý 164
kajmanky 163
kalcitonin 276
kálení 217
kaloň malajský 190
kalous ušatý 177
kalus *viz* pletivo hojivé
kambaly 147
kambium 25, 30
kameny ledvinné 273
kameny žlučové 270
kamzík horský 199
kanálek Haversův 251
kanálek Sylviův 281
kanálky semenotvorné 291
káně lesní 175
káně rousná 175
kanibalismus manželský 116
kapacita plic vitální 265
kapacita prostředí 232
kaparotvaré 56
kapavka 295
kapka polinační 54
kapr domácí 241
kapraď samec 51
kapradiny 51
kaprovití 147
kapřivec kapří 121
kapsid 17
kapsomera 17
kapusta 56
kapustňák širokonosý 197
kapybara 193
karagen 45
karas obecný 147
karcinogen 347
karoten 20
karyogamie 60, 88
karyokinéza 23, 346
karyoplazma 21
karyotyp 313
kasuár přílbový 172
kataklysma 356
kavka obecná 178
kedluben 56
kineze 216
kinezin 348
kivi jižní 172
kladélko 125
klepítka 115
klepítkatci 114
klíčový podnět 217
klikva 66
klimax 68, 228
klíště obecné 118
kloaka 210
klokan obrovský 189
klon 298
klonování 298
kloub 252
klouzek 62
kmen mozkový 278
kmín luční 56
knidoblast 95
knidocil 95
kniha 198
koacervát 349
koagulační faktor VIII 336
koala 189
kobry 166
kobylky 128
kočka divoká 194
kočka domácí 194, 240
kočka plavá 194
kočkodan zelený 191
kód genetický 299
kodominance 304
kodon 299
koeficient transpirační 40
kojot prériový 194
kokcidie jaterní 87
kokon 100, 112, 116
kokosovník ořechoplodý 57
kokoška pastuší tobolka 56
kolenchym 25
kolénko 29
kolibříci 177
kolonie 45
komár pisklavý 133
komba ušatá 191
kombinovatelnost genů 305
komplementarita bazí 299
komunikace akustická 222
komunikace chemická 222
komunikace optická 222
komunikace savců 203
komunikace živočichů 222
komunikace dotyková 222
koncový mozek 208
kondoři 175
konidie 57, 60
konipasovití 177
konjugace *viz* spájení
konkurence mezidruhová 67
konkurence vnitrodruhová 67
konvalinka 56
konvergence 354
konzument 229
konzument primární 200
kopinatci 138
kopr vonný 56
kopřiva 66
kopulace 85
kopyta 186
korál červený 97
korálnatci 97
korek 30
korelace růstové 41
korepresor 301
kormorán velký 173
kormus 28
koroptev polní 176
kortisol 276
korýši nižší 119
korýši vyšší 121
kořenonožci 85
kořeny adventivní *viz* kořeny náhradní
kořeny dýchací 66
kořeny náhradní 28
kořeny příčepivé 29
kořeny vzdušné 29
kos černý 178
kosatcotvaré 57
kosatec 57
kosatka dravá 199
kosman bělovousý 191
kost 250
kost houbovitá 251
kost hutná 251
kosticovci 200
kostnatění 252
kostnatí 146
kostra ptačí 168
kostra vnější 206
kostra vnitřní 206
kostřava 57
kostřava písečná 65
koule oční 286
kovaříkovití 131
koza bezoárová 199
koza domácí 199, 240
koza šrouborohá 199
kozák 62
kozorožec horský 199
kožnatky 163
kožojedovití 131
krabi 122
krahujec obecný 175
krajta mřížkovaná 166

krakatice obrovská 109
králík divoký 196
králík domácí 241
krascovití 131
krásnoočka 90
krátkokřídlí 176
krátkozrakost 287
kretenismus 276
krev 256
krevety 123
krevní oběh plicní 213
krevní oběh tělní 213
krevnička močová 100
krkavcovití 178
krmítka pro ptactvo 183
krocan divoký 176
krokodýl nilský 164
krokodýlové 163
kropidlovec černavý 59
krovky 125
krtek obecný 190
krtičníkotvaré 56
krtonožka obecná 128
kruhoústí 140
krunýřenka obecná 102
krvinkovky 87
krvinky 213
krvinky bílé 258
krvinky červené 254
kryofyty 65
krysa obecná 193
krytenky 85
krytky 125
krytolebci 156
křeček polní 192
křeček zlatý 241
křemelina 82
křemenáč 62
křen 56
křepelka obecná 176
křídlatí 127
křižák obecný 115
křížení 298
křížení dihybridní 305
křížení monohybridní 304
křížení zpětné 305
ksukol ocasatý 191
kudlanky 127
kukačka obecná 176
kukuřice 57
kulík říční 176
kulminace 231
kulturofilie 227
kulturofobie 227
kůň domácí 240
kůň Przewalského 197
kuna lesní 193
kuna skalní 193
kuňky 157
kur bankivský 176
kur domácí 241
kur sněžný 176
kůra mozková 281
kůra prvotní 28
kůrovcovití 131
kuru 19
kusadla 119
kůstky sluchové 288
kutikula 25, 103
kutilka písečná 215
kutilky 130
kůže 273
kvakoš noční 173
kvasinka pivní 59
kvasinka vinná 59
kvašení 38
kvašení alkoholové 38
kvašení mléčné 38
květ 32
květ vodní 21
květák 56
květenství heterotaktická 33
květenství homotaktická 33
květenství hroznovitá 33
květenství jednoduchá 33
květenství složená 33
květenství vrcholičnatá 33
květolib včelí 130, 216
květopas jabloňový 131
kyčelník 268
kyfosa 253
kyjonožci 114
kyselina abscisová 41
kyselina deoxyribonukleová DNA 298
kyselina nukleová 35, 298, 320
kyselina ribonukleová RNA 298
kyseliny adenosinfosforečné 78
kyseliny žlučové 270
kytovci 199
kyvadélka 125

L

laboratorní chovy 240
labutě 174
labyrint blanitý 289
labyrint kostěný 289
láčka 95, 210
láčka pylová 55
lačník 268
laguna 97
lahvičkovka 58
lachtan medvědí 195
lalokoploutví 147
lama guanaco 198
lama vikuňa 198
Lamarck J. B. 351
lamarckismus 356
lamblie střevní 85
laminaran 82
langusty 123
laňýž černý 61
larva 126
larvocysta 101
lasice hranostaj 193
lasice kolčava 193
lastura 107
lasturnatky 121
latex 28
latimerie podivná 147
látky biomolekulární 19
lebeda 66
lebka bikondylní 206
lebka monokondylní 206
lebka ptačí 172
lecitin 543
ledňáček říční 177
ledvina 213, 272
leguáni 164
lejskovití 178
lelek lesní 177
lemové společenstvo 68
lemurovití 191
lenochod tříprstý 192
lenticela *viz* čočinka
let aktivní 239
let klouzavý 239
létaví 172
letky 168
letokruh 30
letouni 190
letuchy 190
leukocyty 213
leukon 93
leukoplast 22
lev pustinný 194
levhart skvrnitý 194
liberiny 275
lidé 192
lidoopi 191
lignin *viz* dřevovina
lichokopytníci 197
lilek brambor 56
lilie 56
liliotvaré 56
liliovité 56
lilkovité 56
lín obecný 147
línání 186
Linné C. 351

lipan podhorní 147
lipáza 268
lipidy *viz* tuky
lipnice 57
lipnice hajní 65
lipnicotvaré 57
list C3 73
list C4 73
listonoh jarní 120
listy přeslenité 31
listy vstřícné 31
lišejník 62
liška obecná 194
liška polární 194
loděnka hlubinná 109
lodyha 30
lokalita 228, 235
lokus 303
lordosa 253
Lophotrochozoa 102, 205
Lorenz K. 174, 215
los evropský 199
lososovití 146
Lovelock J. E. 359
lumci 130
lumčíci 130
lumík norský 192
luňák hnědý 175
lusk 33
luskoun dlouhoocasý 192
luštěniny 56
lůžko plodové 277, 294
lvouni 195
Lyell CH. 356
lýkožrout smrkový 131
lymfocyt 258
lymfocyty B 258
lymfocyty T 258
lyska černá 176
lyzozom 22, 258

M

macarát jeskynní 157
máčka skvrnitá 141
magot bezocasý 191
majkovití 131
makadla 115
makak 241
makak rhesus 191
mákotvaré 56
mákovka vodní 123
makrela obecná 147
makroevoluce 356
makronukleus 89
makrospora 54
maliník 56
malpa kapucínská 191
malvice 34
mamby 166
mammalia 185
mamut 197
mandelík hajní 177
mandelinkovití 131
mandle patrová 267
mapa chromozomová 303
masařka obecná 133
mastodont 197
máta 56
mateřídouška 56
mateřídouška úzkolistá 65
matriarchát 202
maz kloubní 252
mečík 57
Mečnikov I. 92
mediátor 256, 278
meduňka 56
medúzka sladkovodní 96
medvěd hnědý 193
medvěd lední 193
medvídek mýval 193
megakaryocyt 259
mechorosty 49
měchýř močový 273
měchýř plynový 211
měchýřek 33
měchýřovka vznášivá 96
meióza 23
měkkozobí 176
měkkýši 104
melanin *viz* barvivo kožní
melatonin 240, 276
membrána cytoplazmatická 19
membrána polopropustná 24
membrána undulující 85
měňavky 85
Mendel J. G. 324
meristém *viz* pletivo dělivé
meristémy latentní 42
merlík 66
meruňka 56
metabolismus bazální 271
metabolismus bílkovin 271
metabolismus sacharidů 271
metabolismus tuků 271
metabolon 349
metafáze 23
metageneze *viz* rodozměna
metanefridie 105, 111, 213
metastáze 347
metoda radiokarbonová 250
metoda Sangerova 317
metoda PAGE 315
mezek 197
mezičlánková přepážka 110
mezimozek 207, 281
mezoderm 92
mezofyl 72
mezofytikum 70
mezofyty 65
mezoglea 95
mezokarp 34
MFS 258
migrace anadromní 152, 232
migrace genů 357
migrace katadromní 152, 232
migrace klimatická 232
migrace potravní 232
migrace vertikální 232
mihule 140
mícha 208
mícha páteřní 279
mícha prodloužená 280
mikroareál 235
mikroevoluce 356
mikrofilamentum 22, 348
mikronukleus 89
mikrosféra protenoidní 353
mikroskop 368
mikrospora 54
mikrosporidie 58
mikrotubulus 22, 348
Miller S. 348
mineralizace 20, 65
mineralokortikoidy 276
mink 194
minoha 140
miracidium 100
miříkovité 56
mitochondrie 21
mitóza 23, 85
mitóza uzavřená 47
mláďata krmivá 179
mláďata nekrmivá 179
mléčnice 28
mlíčňáci 146
mlok skvrnitý 157
mlži 107
mnohobuněční 91
mnohonožky 123
mnohoštětinatec 110
množivost 67
množivost ekologická 232
množivost fyziologická 232
moč definitivní 273
moč primární 272
močovod 273
modř methylenová 401
modřín opadavý 54
mok mozkomíšní 279, 281

moli 134
monilióza ovoce 61
monocenóza 68
monocyty 258
morčáci 174
morče divoké 193
morče domácí 241
morgan 303, 307
Morgan T. H. 308
moroň indický 197
mortalita *viz* úhyn
morula 92
morulovci 98
most Varolův 280
moták pochop 175
motolice 100
motoneuron 279
motor molekulový 347
motýli 134
motýli denní 134
motýli noční 134
moucha domácí 133
mozeček 207, 280
mozek 278
mozolnatci 198
mravenci 130
mravenečník velký 192
mravkolev běžný 129
mrchožroutovití 131
mrkev 56
mrož lední 195
mrskavka modrá 89
měnka mramorovaná 147
měžovci 86
mšice 128
mucin 268
muchomůrka růžovka 62
muchomůrka tygrovaná 62
muchomůrka zelená 62
mula 197
můry 134
můstek Hisův 260
mutace 310
mutace genomové 311
mutace genové 311
mutace chromozomové 311
mutace indukované 312
mutace spontánní 311
mutace-četnost vzniku 357
mutagen 312
mutualismus 67
mycelium 57
mykoplazmata 344
mykorrhiza ektotrofní 62
mykorrhiza endotrofní 62
mykotrofie 57
myofibrila 95, 207, 255
myozin 255, 348
myš laboratorní 241
myšovití 193
myxaméba 88
myxomonáda 88
mžurka 208

N

nadledvina 276
nádor 347
nádorovka kapustová 88
nadřazenost 301
nadvarle 291
nálev senný 412
nálevníci 88
naleziště 228, 235
námel *viz* tvrdohoubí
nandu pampový 172
národní parky 242
národní přírodní památka 365
národní přírodní rezervace 365
nártoun celebeský 191
narval jednorohý 200
nastie 43
natalita *viz* množivost
nauplius 119
nažiny 168
nažka 34
neandertálec klasický 248
nefron 213, 272
nehetnatci 191
nehty 186
nekrofág 227
Němec B. 361
nemoc Creutzfeldt-Jacobova 19
nemoc sérová 258
nemoc sloní 103
neodarwinismus 357
nepřežvýkavci 202
nepřímé dělení *viz* mitóza
nepukalka vzplývavá 52
nereidka pravá 111
nervová soustava gangliová 108, 111
nervová soustava rozptýlená 95, 207
nervová soustava trubicovitá 207
nervová soustava žebříčkovitá 207
nervy míšní 282
nervy mozkomíšní 282
nervy mozkové 282
nervy obvodové 282
nervy parasympatické 283
nervy smíšené 283
nervy sympatické 283
netopýrovití 190
netýkavka malokvětá 68
neurit 277
neuroglie 251
neurohormony 275
neuromotorický aparát 85
neuron 277
neurotransmitér *viz* mediátor
neurula 139
neutrofyty 66
nezmar obecný 95
nika ekologická 68, 358
nitěnka obecná 112
nitroblána srdeční 260
nitrofyty 66
noha plochá 255
nondisjunkce 328
noradrenalin 277
norek americký 194
nosatcovití 131
nosohltan 268
nosorožec bílý 197
nosorožec dvourohý 197
nosorožec indický 197
nozdratí 147
nucellus 54
nukleocytoplazmový poměr 84
nukleoid 19, 339
nukleomorf 82
nukleotid 298
nutrie říční 193
nyktinastie 43
nymfa 126

O

obaleči 134
obaly vajíčka 55
oběh krevní 261
oběh vrátnicový 262
obilka 34
objem systolický 260
oblast australská 237
oblast etiopská 236
oblast indomalajská 237
oblast nearktická 236
oblast neotropická 236
oblast palearktická 236
oblasti fytogeografické 69
obojživelníci 153
obratel 253
obratlovci 139
obratlovci suchozemští 139
obratlovci vodní 139
obrněnky 90
ocasatí 157
octomilka obecná 133
oči složené 126

oči teleskopické 105
oddenek 30
odpady 363
ohnisko nákazy 118
ochlazovací mechanizmy savců 187
ochmet 67
ochrana přírody 364
okapi pruhovaná 199
oko komorové 109, 208
oko miskovité 208
oko ploché 208
oko pohárovité 208
oko složené 208
okostice 251
okoun říční 147
okrotice 57
okružák ploský 106
okruží 268
olejniny 56
omozečnice 279
ondatra pižmová 193
onkogen 347
onkosféra 101
ontogenetická regrese 137
ontogeneze člověka 294
ontogeneze *viz* vývoj individuální
oogamie 45
oogeneze 292, 324
oogonium 83
oomycety 83
oosféra *viz* buňka vaječná
oospora *viz* vaječný výtrus
opadavé listnaté lesy 234
Oparin A. 353
opaskovci 111
operon 301
opice 191
oplodí 33
oplození vnější 146
oplození vnitřní 188
optická orientace 179
orangutan 192
oreofytikum 70
orgán Cortiho 289
orgán čichový 209
orgán Jacobsonův 209
orgán proudový 209
orgán sluchový 126
organela 85
organismus prokaryotní 343
organismy eukaryotní 345
organismy fotoautotrofní 36
organismy haploidní 345
organismy jednobuněčné 340
organismy nebuněčné 340
orgány excesivní 359
orgány páření 214
orgány zvukotvorné 211
orientace v prostoru 179
orli 175
ornitinový cyklus 271
Oró J. 348
orsej 65
oříšek 34
oscilace 231
osel africký 197
osel domácí 240
osemení 56
osfradium 105, 109
oskulum 93
osladič obecný 52
osmóza 24
osrdečník 105, 260
ossein 250
osten 168
osteoartritida 255
ostium 93
ostnokožci 135
ostranka jaderská 106
ostrorepi 114
ostrůvky Langerhansovy 269, 276
ostružiník 56
ostřice 57
ostříž lesní 175
osvěta environmentální 366
oteplovací mechanizmy savců 187
otvor klový 54
otvor ucpaný 254
outloň váhavý 191
ovád hovězí 133
ovce domácí 199, 241
ovce muflon 199
oves 57
oxid siřičitý 362
oxid uhličitý 362
oxidy dusíku 362
oxytocin 275
ozubení 199
ozva srdeční 261, 321

P

padlí 61
pakobylky 128
paličkovice nachová 61
palist 31
palma olejová 57
palolo zelený 111
pancířnatci 141
panda velká 193
pandemie 344
pankreozymin 269
panmixie *viz* párování náhodné
panoženka měňavková 86
panožka 86
papoušci 177
papratka samičí 52
paprika 56
paprskoploutví 143, 146
paprskovci 86
papyrus 57
paraplazmodium 88
parapodium 110
parathormon 276
parazit 227
parazitismus 67
parazitizmus hnízdní 176, 179
parazitoid 130
parenchym 25
parenchym houbový 31
parenchym palisádový 31
parenchymela 92
park národní 365
parma obecná 147
párování náhodné 312
parožnatky 48
partenogeneze 102, 119, 214
paryby 141
páskovka žíhaná 106
pásmo cejnové 151
pásmo lipanové 151
pásmo parmové 151
pásmo pstruhové 151
pásnice 102
pásovec devítipásý 192
pásovnice Venušina 98
Pasteur L. 347
páteř 253
patogeneze 313
patogenita 301, 344
patro bylinné 68
patro keřové 68
patro kořenové 68
patro lišejníkové 68
patro stromové 68
páv korunkatý 176
pavián pláštíkový 191
Pavlov I. P. 215
pavučnice 279
PCR *viz* reakce polymerázová řetězová
peckovice 34
péče o mláďata 203, 220, 237
péče o ptactvo v době hnízdění 180
péče o ptactvo v zimě 183
pekari páskovaný 198
pelatka 49
pelikán bílý 173
pelikula 47, 84, 88
pěnicovití 178
penízek rolní 56

pěnkavovití 177
pepsin 268
peptidáza 268
peptidoglykan 19
pera rejdovací 168
pereny *viz* trvalky
pericykl 28
perilymfa 289
perisperm 56
perithecium 78
perlička kropenatá 176
perloočky 119
perlorodka říční 108
perlotvorka mořská 108
permisivita buňky 18
pernice 168
peří krycí 168
peří obrysové 168
peří prachové 168
pes dingo 194, 240
pes domácí 194, 240
pes laboratorní Horákův 241
pesíky 186
pesticidy 360
pestřenky 133
pěťour 68
petrofyty 65
petržel 56
pěvci 177
pcháč 56
pícniny 56
píďalky 134
pijavice 112
pijavka koňská 113
pilatky 129
pilous černý 131
pinocytóza 343
piskoř pruhovaný 147
pišťucha horská 195
pití 217
placenta *viz* lůžko plodové
placentálové 190
plachetka 61
plachtění dynamické 173
plachtění statické 175
plakula 92
plameňáci 174
planozygota 47
planula 97
plasmodium 84
plastogen 310
pláštěnci 137
platýsové 147
plavci 172
plavuň vidlačka 51
plavuně 51
plazi 158
plazma krevní 256
plazmid 19, 301
plazmid episomální 345
plazminogen 259
plazmodesm 25
plazmodium 88
plazmogamie 60, 88
plazmogen 310
plazmolýza 24
plazmon 310
plejtvák obrovský 200
plemeno 313
plemeno lidské 249
plena míšní 279
plena tvrdá 279
plesnivění jahod 61
pletenec lopatkový 254
pletenec pánevní 254
pletivo 24
pletivo asimilační 28
pletivo dělivé 25
pletivo druhotné 25
pletivo hojivé 41
pletivo vodní 28
pletivo vyměšovací 28
pletivo vzdušné 28
pletivo základní 28
pletivo zásobní 28
plch lesní 193
plch velký 193
plíce 210, 265
plicnatí 106
plíseň bramborová 83
plíseň hlavičková 58
plod 33
plod diskový 34
plod dužnatý 34
plod nepukavý 34
plod pravý 33
plod pukavý 33
plod rozpadavý (poltivý) 34
plodenství 34
plodolist 32
ploník obecný 49
ploskonosí 191
ploštěnci 99
ploštěnka 99
ploštice 129
plotice obecná 147
ploutev ocasní 144
ploutvonožci 195
ploutvovci 141
plovatka bahenní 106
plurieny 41
plzáci 107
plži 105
pneumonie 266
pneumotorax 265
pavoukovci 115
podběl 56
podbílek šupinatý 67
podhoubí 57
podhoubí dvoujaderné 61
podhoubí haploidní 60
podhoubí nepravé 59
podkožní svalový vak 101, 207
podmínky abiotické 64
podmínky biotické 64
podmiňování 225
podnět prahový 277
podráždění nadprahové 214
podřazenost 201
podsada 186
podvěsek mozkový 281
podzemnice olejná 56
pohlaví heterogametní 308
pohlaví homogametní 308
pohlavní dimorfismus 109, 116
pohyby autonomní 43
pohyby hygroskopické 43
pohyby kohezní 43
pohyby lokomoční 43
pohyby nutační 43
pohyby ohybové 43
pohyby peristaltické 267
pohyby rostlin 43
pohyby rostlin fyzikální 43
pohyby rostlin vitální 43
pochva 293
pochva myelinová 251
pochva Schwannova 251
pochva škrobová 29
poikilotermie 151
pojivo 249
pokoutník domácí 116
pokožka 185
pokožka kořenová 28
pokožka listová 31
polarita růstu 41
poletuška slovanská 192
polobudka pro poštolku 182
polobudka pro puštíka 182
poločas rozpadu 244
polokrovky 125
poloopice 191
poloosel 197
poloparazitismus 67
polostrunatci 136
polycenóza 68
polymorfismus genetický 357
polyp 95
polyploidie 311
poměr pohlaví 231
ponrava 131

poplicnice 265
populace 64, 228, 230
populace autochtonní 235
populace lidská 360
populační ekologie 229
populační hustota 231
populační růst 232
pohyb obratlovců 236
pór 56
porost mangrovový 66
porostnice mnohotvárná 49
poskok škodlivý 123
postranní čára 143
posun genetický 313, 357
poštolka obecná 175
pošvatky 127
potáplice 173
potápníkovití 131
potemníkovití 131
potenciál akční 256, 277
potenciál klidový 277
potenciál postsynaptický 278
potkan 193
potkan laboratorní 241
potočnice račí 112
potomstvo 298
potravní řetězec 229
potravní síť 229
potravní specialista 227
poustevníček mořský 97
pouště 234
povázka svalová 255
praorganismus 17, 354
praptáci 171
prase bradavičnaté 198
prase divoké 198
prase domácí 241
pratur indický 199
predace 229
predátor 227
pregradace 231
preventivní útok 218
Prigogine I. 367
primáti 191, 245
primer 317
prion 19
probiont 353
problémy ekologické 361
procesy biochemické 16
Proconsul africanus 246
prodloužená mícha 207
producent 229
producenti primární 69
profáze 23
progesteron 277, 292
proglotid 101
progrese 231
prochlorofyty 21
prokaryota fototrofní 344
prokaryota heterotrofní 344
prokaryota chemolitotrofní 344
prokaryota chemoorganotrofní 344
prokaryota chemotrofní 344
prokel jednodomý 51
prokel samičí 54
prolaktin 275
proměna dokonalá 126
proměna nedokonalá 126
proměnlivost dědičná 310
proměnlivost genetická 310
proměnlivost nedědičná 310
promotor 301
promyka ichneumon 194
promyka mungo 194
proprioreceptor 285
prosenchym 25
proso 57
prostata *viz* žláza předstojná
prostředí hypertonické 24
prostředí hypotonické 24
prostředí izotonické 24
proteazom 367
proteáza 368
protein C 259
protenoid 353
proterandrie *viz* prvoprašnost
proterogynie *viz* prvobliznost
protobiont *viz* praorganismus
protokol Montrealský 363
protoneandertálec 248
protonefridie 100, 213
protoplast 19
protrombin 259
proudový orgán 209
provirus 18
prstnatec májový 57
průduch 31
průdušky 265
průdušnice 169, 265
prvek biogenní 19, 35
prvky makrobiogenní 35
prvky mikrobiogenní 35
prvobliznost 33
prvobuněční 19
prvoci 85
prvojaderní 17
prvoklíček 49
prvoprašnost 33
prvoptáci 172
prvosenka 65
prvostřevo 92
prvoústa 92
prvoústí 98
pryskyřníkotvaré 56
prýt 30
přástevník medvědí 135
předožábří 106
přeslička 51
přeslička lesní 51
přeslička poříční 51
přeslička rolní 51
převod krevní 259
přežvýkavci 198
příjice 295
příklopka hrtanová 264
přírodní památka 365
přírodní rezervace 365
přísavky 29, 112
přívěsek červovitý 270
přivykání 225
psamofyty 65
psárka 57
pseudocoel 99
pseudomycelium *viz* podhoubí nepravé
pstruzi 147
psychrofyty 65
pšenice 57
pštrosi 172
ptáci 167
ptáci nidifugní 179
ptáci nidikolní 179
ptáci praví 172
ptakopysk podivný 189
ptakořitní 189
ptyalin *viz* amyláza slinná
pud 283
puchratka kadeřavá 45
puklice švestková 129
pulci 156
puma americká 194
pupečník 294
purpur oční 288
působení autoinhibiční 67
působení inhibiční 67
puštík obecný 177
pýchavička 58
pýr 57
pýr plazivý 66
pyrenoid 45

R

racek chechtavý 174
radiace adaptivní 359
radula 105
rajče 56
rak bahenní 122
rak kamenáč 122
rak říční 121
rákos 57

rakovci 121
rakovina větví 61
rakovinovec bramborový 58
rakůvky 121
rameno hektokotylové 109
rasa *viz* plemeno
rasismus 249
rašeliník 49
reakce aerobní 38
reakce anabolické 270
reakce biuretová 385
reakce endergonické 78, 270
reakce exergonické 78, 270
reakce imunitní 258
reakce katabolické 270
reakce polymerázová řetězová 318
reakce půdní 65
reakce xantoproteinová 385
receptor 277, 285
redie 100
reducent 57
reflex 283
reflex nepodmíněný 214, 283
reflex podmíněný 214, 284
refugium 235
regenerace 41, 95
regenerace fyziologická 41
regenerace patologická 41
rehek domácí 178
rehkovník 182
reintrodukce 235
rejdivý výtrus *viz* zoospora
rejnoci 143
rejskovití 190
rekombinace vloh 303
relikt 69
renin 273
reotaxe 151
replikace DNA 23, 299
repolarizace 277
represor 301
retrogradace 231
retrovirus 321
rez travní 62
rezervace biosférická 365
rezistence 301
rhizodermis *viz* pokožka kořenová
rhizomoid 49
rhodopsin *viz* purpur oční
ribozom 19
riketsie 344
ritualizace chování 223
RNA – dependentní DNA – polymeráza *viz* transkriptáza reverzní
RNA – primer 334
rodozměna 45, 96
rodozměna heteromorfní 52
rodozměna izomorfní 49
roháčovití 131
rohy 186
rojovník 66
ropálium 96
ropuchy 157
rorýs obecný 177
rosnatka 66
rosnička zelená 157
rosomák 194
rostelum 101
rostliny adventivní 68
rostliny anemofilní 33
rostliny antropofytní 68
rostliny C3 73, 77
rostliny C4 73, 78
rostliny CAM 78
rostliny dlouhodenní 42
rostliny dvouděložné 55
rostliny dvoudomé 33
rostliny entomofilní 33
rostliny epifytní 57
rostliny eurytermní 65
rostliny halofobní 66
rostliny halofytní 66
rostliny hydrofilní 33
rostliny jednoděložné 55
rostliny jednodomé 33
rostliny jednopohlavné 33
rostliny krátkodenní 42
rostliny krytosemenné 54
rostliny leknínotvaré 56
rostliny lyginodendrové 53
rostliny masožravé 66
rostliny monokarpické 41
rostliny nahosemenné 52
rostliny neutrální 42
rostliny oboupohlavné 33
rostliny polykarpické 41
rostliny prvosemenné 52
rostliny stenotermní 65
rostliny synantropní 68
rostliny transgenní 336
roup dětský 103
rournatec vějířový 111
rournatky 89
rouško výtrusorodé 61
rovnokřídlí 128
rozkladač 229
rozlitka 85
rozmnožování rostlin 42
rozrůzňování 360
rozsivky 82
rozšíření živočichů 233
roztoči 118
roztočík včelí 118
roztok fixační 378
roztok fyziologický 256, 454
roztok Lugolův 387
roztok macerační 378
roztok půdní 40
roztok živný 40
RUBISCO 77
ruduchy 45
ruměnice pospolná 129
růst obří 275
růst trpasličí 275
růstová křivka 232
různočnělečnost 33
růže 56
růžotvaré 56
rybák obecný 176
rybenka domácí 127
rybníkářství 152
ryby 143
ryby bentické 151
ryby litorální 151
ryby pelagické 151
ryby polotažné 152
ryby tažné 151
ryniofyty 48
rys ostrovid 194
rytmus cirkadiánní 240
rytmus vegetační 64
ryzec 62
rýže 57
rzi 62

Ř

řapík 31
řasy hnědé 83
řasy zelené 45
ředkev ohnice 56
ředkev setá 56
řemenatka ptačí 101
řetězec dýchací 37
řetízkovka 46
řezáky 186
říje 201
říše holarktická 236
říše paleotropická 237
řízení látkové 275
řízky rostlinné 42

S

sacharidy *viz* cukry
salpy 137
samooplození 312
samoopylení 33
sapientace 248

sarančata 128
sardel ančovička 146
sardinka obecná 146
sarkomera 255
sasanka 65, 97
savany 234
savci 185
savci – typy rozmnožování 201
savci – komunikace 203
savci – význam 203
savci podzemní 200
savci stromoví 200
savci vodní 200
savci zemní 200
sciofyty 65
scrapie 19
sedimentace krvinek 258
segmentace heteronomní 113
segmentace homonomní 110
segregace chromozomů 303
seismonastie 43
sekáči 118
sekretin 269
selhání ledvin 273
semeník 32
semeno 33
sepie obecná 109
sérum krevní 259
sex ratio 231
schizocoel 98
schizogonie 84
signální funkce 222
signální soustava 284
signální struktury 222
sinice 20
sirény 197
sítnice 287
síťokřídlí 129
situace podnětová 217
skákavka pruhovaná 117
Skinner B. F. 215
sklerenchym 25
sklerity 93
skleroblasty 93
sklípek plicní 265
sklípkan huňatý 116
sklivec 286
sklovina 268
skok vývojový 359
skokan hnědý 153
skokani 157
skolex 101
skoliosa 253
skorec vodní 178
skořepa nosní 264
skot domácí 241
skřivanovití 177
skunk smradlavý 194
skvrna slepá 287
skvrna žlutá 287
skyfomedúzy 96
slavík obecný 178
slávinka obecná 89
slávka jedlá 108
sleďovití 146
slepýš křehký 164
slez 198
slezina 262
slíďák tatarský 117
slimáci 107
sliny 268
slípka zelenonohá 176
slivoň 52
sliznatky 140
sliznice děložní 292
slon africký 197
slon indický 197
sloučenina makroergická 78
sluka lesní 176
sluněčkovití 131
slunečnice 56
slunivky 86
smog fotochemický 366
smog oxidační *viz* smog fotochemický
smrk ztepilý 54
smrž obecný 61
smysl navigační 179
smysl směrový 179
smyslové orgány 208
sněť ječná prašná 62
sněť kukuřičná 62
sněť ovesná prašná 62
sněť pšeničná mazlavá 62
sněť pšeničná prašná 62
snovačka jedovatá 116
snovačovití 177
sob polární 199
sobol asijský 193
societa 201, 221
sója 56
sojka obecná 178
sokol stěhovavý 175
solifugy 117
soredie 62
souboje teritoriální 201
souplodí 34
soustava trávicí 209
soustava ambulakrální 136, 211
soustava cévní otevřená 211
soustava cévní uzavřená 211
soustava dýchací 210
soustava mízní 263
soustava opěrná 206
soustava otevřená 16
soustava pseudohemální 136, 211
soustava retikuloendotelová 258
soustava rozmnožovací 213
soustava vylučovací 213
sova pálená 177
sovy 177
spájení 84, 89
spánek 224
speciace 356
specializace potravní 200
Spencer H. 356
spermacie 79
spermatofor 109
spermie 84
spermiogeneze 291, 324
spikuly 103
splešťule blátivá 129
spojivka 288
společenství – typy 221
společenstvo nitrofobní 66
společenstvo přirozené 228
společenstvo umělé 228
spongoblasty 93
spora 19, 23
sporangiofor 59
sporangium 45
sporocysta 100
sporofyt 45
sporogonie 85
sporokarp *viz* výtrusnice
srdce 260
srdce čtyřdílné 185
srdce venózní 140, 142, 211
srdcovka jedlá 108
srdečnice 261
srha 57
srnec obecný 198
srostlice trvalá 104
srostloprstí 177
srst 186
sršně 130
stadia sukcesní 228
stanoviště 64, 228, 235
starček hajní 65
statiny 275
statoblasty 135
stav rovnovážný 351
stav stacionární 351
stéblo 30
stejnokřídlí 128
stélka 44
stélka bičíkatá 44
stélka kokální 44
stélka lupenitá 49
stélka měňavkovitá 44
stélka pletivná 44
stélka sifonokladální 44

stélka trichální 44
stélka trubicovitá 44
stěna buněčná 19
stenovalence 227
step 234
stigma 44, 116, 208
stimulátory růstu 41
stínky 122
stoličky 186
stonky mozkové 281
stonožky 123
straka obecná 178
strakapoud velký 177
strašilky 128
strnadovití 178
strobilace 97
strongylóza 104
struk 34
struktura populace 67
struktura populace sexuální 67
struktura populace sociální 231
struktura populace věková 67, 232
strukturní vnímání 225
struma 276
struna hřbetní 137
strunatci 137
strupovitost jablek 61
střeček hovězí 133
střední mozek 207
střenka jedlá 108
střevíčník pantoflíček 57
střevle potoční 147
střevlíkovití 130
střevo tenké 268
střevo tlusté 270
střízlíkovití 178
stupňovitost výšková 65
stužkonoska modrá 134
stvol 30, 168
submisivita 201
sudokopytníci 197
sukcese ekologická 68
sumec velký 147
sumky 137
sup bělohlavý 175
sušina 34, 231
svaloploutví 147
svalovec stočený 104
svalstvo hladké 250
svalstvo mezižeberní 186
svalstvo mimické 186
svalstvo příčně pruhované 250
svalstvo srdeční 250
svalstvo žvýkací 186
svazek cévní 26
svazek cévní bočný 26
svazek cévní dřevostředný 26
svazek cévní dvojbočný 26
svazek cévní lýkostředný 26
svazek cévní paprsčitý 26
svazek cévní soustředný 26
sveřep 57
světlík 67
světluškovití 131
svinky 123
svišť horský 192
svišťouni 177
svižníkovití 130
sýček obecný 177
syfilis *viz* příjice
sykon 93
sýkorovití 177
synapse *viz* zápoj
syncytium 84, 103
syndrom Klinefelterův 328
syndrom Turnerův 328
synekologie 68, 226
synergidy *viz* buňky pomocné
synovie *viz* maz kloubní
syrinx 170
sysel obecný 192
systém cytoskeletální 22
systém gastrovaskulární 96, 210
systém Golgiho 22, 72
systém izolovaný 350
systém limbický 281
systém otevřený 350
systém polygenní 309
systém převodní srdeční 260
systém uzavřený 350
systola 260

Š

šafrán 57
šácholanotvaré 56
šakal obecný 194
šalvěj lékařská 56
šášeň lodní 104
šelmy pozemní 193
šelmy vodní 195
šestinedělí 295
šestinozí 123
šešule 33
šešulka 34
šicha 66
šilhání 288
šimpanz učenlivý 191
širopasí 129
šišinka 276
šiška plodní 54
škára 185, 274
škeble rybničná 104, 107
škeblovky 121
škrkavka dětská 103
škulovec široký 101
šlahoun 30
šourek 292
špaček obecný 178
špičáky 186
šplhání 238
šplhavci 177
šprot obecný 146
šťáva pankreatická 269
šťáva střevní 268
šťáva žaludeční 268
štěnice domácí 129
štěrbina hlasivková 264
štěrbina pohrudniční 265
štětičkovec 61
štika obecná 147
štírci 117
štíři 117
štítovka 85
šupina kostěná cykloidní 143
šupina kostěná ktenoidní 143
šupina plakoidní 141
šupinatí 164
šupinušky 127
švábi 127

T

tabák 56
tahy ptačí 179
tajga 234
talamus 281
tany 291
tapír jihoamerický 197
tarbíci 193
tasemnice 101
taxe 217
taxon 16
technika rekombinantní DNA 314
tekutina mimobuněčná 256
tekutina nitrobuněčná 256
těleso kalosní 281
těleso řasnaté 286
těleso topořivé 292
teliospory 79
tělíska krevní 258
tělíska příštitná 276
tělísko Barrovo 528
tělísko Krauseovo 274
tělísko Meissnerovo 274
tělísko Ruffiniho 274
tělísko Vater-Paciniho 274
tělísko žluté 277
tělní pokryv 206

telofáze 23
telom 48
telomeráza 334
teorie buněčná 23
teorie endosymbiotická 354
teorie evoluční abiogeneze 352
teorie invaginační 92
teorie kreační 351
teorie panspermická 352
teorie plakulární 92
teorie planetizace lidstva 359
teorie samozplození 351
teorie živé planety 359
teplota tělesná 284
tepna 211, 259
tepny věnčité 261
terejové 173
teritorialita 178
termiti 128
termofytikum 70
termofyty 65
termonastie 43
termoregulace 196
terminátor 335
tesaříkovití 131
testa *viz* osemení 56
testosteron 277, 291
tetanie 276
tetráda chromatidová 23
tetřev hlušec 176
tetřevovití 175
tetřívek obecný 176
thallus *viz* stélka
thigmotropismus 43
Thorndike E. L. 215
tchoř tmavý 193
tinamy 172
Tinbergen N. 215
tiplice zelná 133
tis 54
tkáň lymfoidní 263
tkáň nervová 251
tlak krevní 261
tlak selekční 313
tlamovec 152
tobolka 33
tolice vojtěška 56
tolstolobik obecný 147
tonoplast 22
topoizomeráza 334
tornárie 136
toxicita 344
toxoplasma 87
tradice 225
tracheidy *viz* cévice
tracheje *viz* cévy
transdukce 72
transformace 72
transformace maligní 347
transfuze *viz* převod krevní 259
transkripce 300
transkripce reverzní 326
transkriptáza reverzní 321
translace 300
translokace 311
transpirace 38
transpirace kutikulární 38
transpirace stomatární 38
transport aktivní 338
transport pasivní 338
trávení extracelulární 96, 210
trávení extraintestinální 210
trávení intracelulární 210
trávení mimobuněčné 96
trávení mimotělní 115
trávenina 268
trávicí trubice 266
trávy kulturní 57
trdliště 146
trepka velká 88
treska velká 147
trháky 186
triblastica 92, 98
trichinelóza 104
trichogyn 61
trichom 25
trichomoniáza 85
trichomy lepkavé 32
trilobiti 114
triplet *viz* kodon
trn 30
trnka 56
trnovník akát 56
trnuchy 143
trochofora 110
trojlaločnatci 114
trombokináza 259
trombóza 259
tropický deštný les 234
tropismy 43
tropomyozin 348
troponin 344
trubénka Haeckelova 85
trubice Eustachova 288
trubice Malpighiovy 125, 213
trubkonosí 173
trubýši 96
trudník tukový 118
trudovina 118
trvalky 41
trypanosoma spavičná 85
trypsin 269
třásnokřídlí 128
tření 152
třešeň 56
třtina cukrová 57
tuberkulóza 266
tubulin 348
tučňáci 172
tučnice 66
ťuhýkovití 178
tuková směs 183
tukové polénko 183
tuky 35
tuleň obecný 195
tulipán 56
tuňák obecný 147
tundra 233
turgor 24
turovití 199
tvrdka 34
tvrdohoubí 61
tyčinka 32
tyflosolis 111
tygr džunglový 194
tykadla 124
tylakoid 20, 22
tymián 56

U

ubikvitin 368
ubikvitinace 368
účinek anabolický 277
účinek pleiotropní 328
úhoř říční 147
úhoří monté 147
úhyn 67
ucháč obecný 61
ucho 208
ucho střední 288
ucho zevní 288
ulita 105
ultrafiltrát 272
univerzální sýkorník 181
upír obecný 190
úponek 30
urediospory 75
uredium 79
ústní políčko 89
ústní ústrojí hmyzu 124
ústrojí rovnováhy 208, 289
ústrojí sluchové 288
ústrojí smyslové 285
ústrojí zrakové 286
ústředí Brocovo 281
ústředí převodní 281
utajená březost 201
utajené oplození 201
útěková vzdálenost 219

útes korálový 97
útlum 278
úzkonosí 191
uzlina mízní 263
uzlina podhltanová 116
uzliny vegetativní 283
užovky 166

V

václavka obecná 62
váček Bowmanův 272
vačice opossum 189
vačnatí 189
vady refrakční 287
vagilita 235
vaječník 214, 277, 292
vaječný výtrus 83
vajíčko 32, 54
vajíčko oligolecitální 294
vak míšní 279
vak plicní 105, 116
vak zárodečný 54
vakcína rerekombinantní 336
vakuola 22
vakuola pulzující 44, 88
vakuola trávicí 85
válec střední 29
váleč 45
valence ekologická 64
Vaníček V. 226
vanilovník 57
varani 165
varieta 313
varle 214, 277, 291
varování 218
varroáza 118
vazači dusíku 66
vazba genů 306
vazba genů neúplná 307
vazba genů úplná 306
vazivo 185, 250
vazivo lymfoidní 250, 269
vazivo podslizniční 267
vazivo řídké 250
vazivo tuhé 250
vazivo tukové 250
vazy hlasivkové 264
vážky 127
včela medonosná 130
včelí tanečky 216
včely samotářské 130
vegetace ruderální 68
vejce ptačí 171
vejcorodí 189
vejcovod 292
vektor klonovací 315
velbloud dvouhrbý 198
velbloud jednohrbý 198
velevrub malířský 108
velryba grónská 200
vemeník 57
ventilace plicní 265
venušin koš 94
Veselovský Z. 174
věsenka nachová 65
veslonozí 173
veslování 238
věta termodynamická 346
větevníci 97
větvení monopodiální 30
větvení sympodiální 30
větvení vidličnaté 30
veverka obecná 192
vhled 225
vidění barevné 208
vidlice replikační 334
violeť methylová 544
virion 17
viroid 18, 341
virologie 18
vířnící 102
višeň 56
vitaminy 272
vlákna Purkyňova 260
vláknice Patouillardova
viz vláknice začervenalá
vláknice začervenalá 62
vláknina 270
vlákno svalové 255
vlas žabí 44
vlásečnice 259
vlásky kořenové 29
vlasovec mízní 103
vlaštovičník 56
vlaštovka obecná 178
vlha pestrá 177
vlk 194
vlnění těla 238
vlnovník révový 118
vločkovci 92
vloha *viz* gen
vnitřní vyladění 217
voda komorová 286
voda vápenná 401
vodoměrka štíhlá 129
vodomilovití 131
vodouch stříbřitý 117
volavky 173
vole 168
Volterra V. 231
vorvaň tuponosý 199
vosy 130
vrabec domácí 178
vrabec polní 178
vrána obecná 178
vrápencovití 190
vrátník 268
vrstva ozonová 362
vršenky 137
vrtule třešňová 133
vruboun posvátný 131
vrubounovití 131
vrubozobí 174
vřecko 59
vřešťan rezavý 191
vřetenatka révová 83
vřeténko dělicí 22
vstavač kukačka 57
vstavačotvaré 57
všekazi 128
všenky 128
vši 128
vtisk 224
výběr přírodní 357
výběr přírodní disruptivní 357
výběr přírodní stabilizující 357
výběr přírodní usměrňující 357
vydra říční 194
výr velký 177
výrazové prostředky 215
výstelka endotelová 258
výtrusenky 91
výtrusnice 88
výtrusovci 87
vývoj individuální 41
vývoj nepřímý 126, 214
vývoj postnatální 296
vývoj přímý 214
vývoj stadijní 42
vývojová vada dědičná 313
vyza velká 146
výzkum gemellilogický 313
výzkum genealogický 313
výzkum populační 313
význam ptáků 184
výživa fytofágní 229
výživa mixotrofní 90
výživa saprofytní 82
vzdušné vaky 170
vzdušnice 125, 210
vzdušnicovci 123
vznášivka obecná 121
vzorec květní 33, 73
vztlak kořenový 38
vždy zelený tropický les 234

W

Wágner J. 197
Wallace A. R. 356
Watson J. B. 215

X

xerofyty 65
xylem 26

Z

zadožábří 106
zajíc bělák 196
zajíc polní 196
zajícovci 195
zákon Hardy-Weinbergův 312
zákon Liebigův 227
zákon Mendelův 305
zákožka svrabová 118
zánět mozkových blan 118
zápoj 278
záraza 67
zárodečník 49
zárodek 42
záření fotosynteticky aktivní 64
zásah eufenický 313
zavíječi 134
zavinutec tygrovaný 106
závoj 62
závojenka olovová 62
závornatka drsná 106
zázvorníkotvaré 57
zebra stepní 197
zebu posvátný 199
zej obecný 106
zejk 175
zeleň methylenová 411
zelenivky 45
zelí 56
zemědým lékařský 56
zerav 54
zimní spáč nepravý 194
zimničky 87
zlativky 82
zlatohlávek zlatý 131
zlatoočka skvrnitá 129
změny sezónní 68
zmije 166
znak kvalitativní 304
znak kvantitativní 304
znak monogenní 304
znak morfologický 304
znakoplavka obecná 129
zoëa 119
zonál 228
zoocenóza 64, 228
zoogeografické oblasti 236
zoologické zahrady 242
zoospora 45
zoosporangium 83
zornice 286
zpřesňování a koordinace pohybů 225
zrněnka 46
zrno pylové 54
zubní vzorec 187
zubovina 268
zubr evropský 199
zuby kutikulární 103
zuby třenové 186
zvědavost 224
zygospora 47
zygota 23, 91

Ž

žabernatí 119
žábronožky 120
žábry 210
žábry vnější 211
žábry vzdušnicové 211
žáby 157
žahavci 95
žaludek 268
žaludek složený 198
žaludek svalnatý 169
žaludek žláznatý 169
žaludovci 136
žampión 62
žebernatky 98
žebro 254
žebrovice různolistá 52
žebrovka vejčitá 98
želvy 162
ženetka evropská 194
žihadlo 125
žíla vrátnicová 262
žilnatina listová 31
žíly 211, 260
žirafa mramorovaná 199
žito 57
živé systémy 228
živné půdy 241
živorodí 189
živorodka komáří 147
žížala hnojní 112
žížala obecná 111
žížala podhorská 112
žlabatky 129
žláza jaterní 115
žláza kostrční 167
žláza mléčná 274
žláza předstojná 292
žláza slinivkojaterní 107, 122
žláza slzní 288
žláza štítná 276
žlázy apokrinní 274
žlázy Bartholinovy 293
žlázy endokrinní 208, 275
žlázy mazové 185, 274
žlázy měchýřkovité 292
žlázy mléčné 185
žlázy pachové 185
žlázy pohlavní 291
žlázy potní 185, 274
žlázy slinné 186, 267
žluč 270
žlučník 269
žluna zelená 177
žluva hajní 178
žraloci 141

RNDr. Jan Jelínek, RNDr. Vladimír Zicháček

Biologie

pro gymnázia

(teoretická a praktická část)

Vydalo:

NAKLADATELSTVÍ OLOMOUC s.r.o.

Legionářská 1319/10, 779 00 Olomouc, ČR
telefon: 702 002 879, mobil: 602708012
e-mail: nakl.olomouc@gmail.com
info@nakladatelstviolomouc.cz
http://www.nakladatelstviolomouc.cz
www.knihyolomouc.cz

11. vydání – Olomouc 2014
Elektronická verze

„Schválilo MŠMT č. j.: MSMT-3728/2014 dne 25. července 2014
k zařazení do seznamu učebnic pro střední školy pro vzdělávací obor Biologie
s dobou platnosti šest let.“

Typografická úprava:
Studio Nakladatelství
Olomouc

ISBN 978-80-7182-297-4

NAKLADATELSTVÍ
OLOMOUC s.r.o.